



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA**

### **ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

“Eficiencia de las perlas de alginato de calcio obtenidas de macroalgas para reducir Boro en agua de río para uso agrícola en el Distrito de Ite-Moquegua- 2017”

### **TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA AMBIENTAL**

#### **AUTOR:**

Dayhavilly Mendoza Gamarra

#### **ASESOR:**

Mg. Rita Jaqueline Cabello Torres

#### **LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

CONSERVACIÓN DE RECURSOS NATURALES

**LIMA - PERÚ**

**2017-I**

## **Página de Jurado**

---

Dr. Elmer Benites Alfaro

**Presidente**

---

Dr. Jorge Leonardo Jave Nakayo

**Secretario**

---

MSc. Rita Jaqueline Cabello Torres

**Vocal**

**Dedicatoria:**

Dedico de una manera muy especial a mi padres, Alejandro Mendoza Garay y Luz Verónica Gamarra Salas, quienes fueron el principal cimiento para la construcción de mi vida profesional, al igual como a mis hermanas Karen y Sandra que son las personas que me han ofrecido el amor y la calidez de la familia a las cuales amo demasiado, así también al apoyo incondicional de Jorge Rojas Villanería quien sentó en mi la base de responsabilidad y deseos de superación.

**Agradecimiento:**

Le doy gracias a Dios por todas las bendiciones recibidas.

A la Universidad Cesar Vallejo mi alma mater por los conocimientos brindados.

Mi agradecimiento a la Mag. Ing. Rita Jaqueline Cabello Torres quien con su experiencia y profesionalismo supo guiarme de la mejor manera para el desarrollo de mi investigación.

## **DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD**

Yo Dayhavilly, Mendoza Gamarra con DNI N° 47966692, a efecto de cumplir con las disposición vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería Ambiental, Escuela de Ingeniería Ambiental, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las norma académicas de la Universidad César Vallejo.

Lima, 17 de julio de 2017

---

Dayhavilly, Mendoza Gamarra

## **PRESENTACIÓN**

Señores miembros del Jurado:

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo presento ante ustedes la Tesis titulada “ **EFICIENCIA DE LAS PERLAS DE ALGINATO DE CALCIO OBTENIDAS DE MACROALGAS PARA REDUCIR BORO EN AGUA DE RIO PARA USO AGRICOLA EN EL DISTRITO DE ITE-MOQUEGUA - 2017**” la misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título profesional **de Ingeniería Ambiental**.

El Autor:

Mendoza Gamarra, Dayhavilly

## ÍNDICE GENERAL

Página de Jurado .....	ii
Dedicatoria: .....	iii
Agradecimiento: .....	iv
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD .....	v
PRESENTACIÓN .....	vi
INDICE GENERAL .....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	ix
ÍNDICE DE TABLAS .....	x
ÍNDICE DE CUADROS .....	xi
ÍNDICE DE GRÁFICOS .....	xii
RESUMEN .....	xiii
ABSTRACT .....	xiv
<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1. Realidad problemática .....</b>	<b>1</b>
<b>1.2. Trabajos previos .....</b>	<b>3</b>
<b>1.3. Teorías relacionadas al tema .....</b>	<b>7</b>
<b>El Boro .....</b>	<b>8</b>
<b>Toxicidad del boro .....</b>	<b>8</b>
<b>El boro en el agua .....</b>	<b>10</b>
<b>Polímero Natural .....</b>	<b>12</b>
<b>Obtención de los alginatos .....</b>	<b>14</b>
<b>Formación de las Perlas de alginato de calcio .....</b>	<b>16</b>
<b>Adsorción .....</b>	<b>17</b>
<b>Marco legal .....</b>	<b>18</b>
<b>1.4. Formulación del problema .....</b>	<b>20</b>
<b>1.4.1. Problema general .....</b>	<b>20</b>
<b>1.4.2. Problemas específicos .....</b>	<b>20</b>
<b>1.5. Justificación del estudio .....</b>	<b>20</b>
<b>1.6. Hipótesis .....</b>	<b>21</b>
<b>1.6.1. Hipótesis general .....</b>	<b>21</b>
<b>1.6.2. Hipótesis específicos .....</b>	<b>21</b>
<b>1.7. Objetivos .....</b>	<b>22</b>
<b>1.7.1 Objetivo General .....</b>	<b>22</b>

1.7.2 Objetivos Específicos-----	22
<b>II. MÉTODO -----</b>	<b>22</b>
2.1 Diseño de método -----	22
2.2 Variables, Operacionalización-----	24
2.2.1 variable interviniente-----	24
2.2.2 variables independiente-----	24
2.2.3 variable dependiente-----	24
2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad	25
2.5 Métodos de análisis de datos-----	46
2.6 Aspectos éticos -----	46
<b>III. RESULTADOS -----</b>	<b>47</b>
3.1. Población y muestra -----	47
3.2 Prueba de Jarras-----	47
3.3 Resultado del laboratorio -----	48
3.4 Interpretación de resultados -----	49
3.5 Análisis estadísticos -----	50
<b>IV. DISCUSION-----</b>	<b>56</b>
<b>V. CONCLUSIONES -----</b>	<b>57</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES -----</b>	<b>59</b>
<b>VII. BIBLIOGRAFÍA-----</b>	<b>60</b>
<b>ANEXOS -----</b>	<b>65</b>
Anexo1 formato 1- condiciones iniciales-----	66
Anexo2. Formato 2- obtención de las perlas de alginato de calcio-----	67
Anexo 3. Formato 3- condiciones iniciales -----	68
Anexo4. Formato 4- obtención de las perlas de alginato de calcio-----	69
Anexo5. Formato 5- Resultados iniciales-----	70
Anexo6. Formato 6- Resultados finales-----	71
Anexo 7. Matriz de Consistencia-----	72
Anexo8. Toma de muestra y determinación de parámetros fisicoquímicos- Rio Ite-ubicado en Ilo Moquegua-----	73
Anexo 9. Traslado de muestra -----	74



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Especies de macroalgas de importancia comercial del litoral peruano -----	13
Figura 2: Macroalga <i>Macrocystis integrifolia</i> Bory-----	13
Figura 3: Macroalga <i>Lessonia Trabeculata</i> Villouta Bory & Santelices-----	14
Figura4: proceso en la obtencion de alginato de calcio.-----	16
Figura 5: formación de perlas de alginato de calcio -----	17
Figura 6: Proceso de Sorción-----	18
Figura 7: Metodología de la investigación-----	24
Figura 11. Secado del alginato de sodio-----	32
Figura 12. Pulverizado-----	33
Figura13. Homogenización del alginato de sodio en una bomba peristática ---	33
Figura 14. Solución del alginato de sodio en 200ml de agua -----	34
Figura 15. Gelificación del alginato de sodio en forma esférica -----	34
Cuadro 13. Secuencia de la evolución de las perlas de alginato de calcio -----	36
Figura 16. Gelificasion del alginato de sodio en forma esférica -----	36
Figura 17. Reactivó de curcumina- ácido oxálico -----	37
Figura 18. Solución patrón 100 ppm-----	37
Figura 19. Revelado del Boro- Constante (k)-----	39
Figura 20. Metodologia del revelado de boro de las dos macroalgas a dosis distintas. -----	40
Figura 21. Revelado del Boro para ser leído en un espectrofotómetro UV- visible a 540 mu. -----	

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Tolerancia relativa de Boro en las plantas -----	1
Tabla 2: Tolerancia de cultivo según la concentración límite de toxicidad en mg/l del agua de riego. -----	11
Tabla 3. Parámetros y Valores Consolidados. CATEGORÍA 3, Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM-----	18
Tabla 4. Cadena de custodio -----	23
Tabla 5: Población y muestra de la investigación -----	24
Tabla 6. Estadístico de prueba de Chi Cuadrado -----	51
Tabla 7. Estadístico Descriptivo-----	52
Tabla 8. Estadísticas de Residuo-----	52
Tabla 9. Anova <sup>a</sup> -----	52
Tabla 10: estadístico de prueba-----	53
Tabla 11. Estadístico descriptivo -----	55
Tabla 12. Estadístico de residuo <sup>a</sup> -----	66
Tabla 13. Estadístico de Anova <sup>a</sup> -----	66

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Operacionalización de variables -----	23
Cuadro 2. Técnicas e instrumentos de recolección de datos -----	25
Cuadro 3. Traslado de macroalgas -----	26
Cuadro 4. Retiro de impurezas-----	27
Cuadro 5. Hojas de las macroalgas en papel por capas -----	27
Cuadro 6. Equipos de pesado -----	28
Cuadro 7. Equipo de secado-----	28
Cuadro 8. Determinación del acondicionamiento de las macroalgas -----	29
Cuadro 9. Tamizado de las macroalgas -----	29
Cuadro 10. Peso de las macroalgas -----	29
Cuadro 11. Determinación del volumen de HCl 0.1N -----	30
Cuadro 12. Macroalgas en solución de HCl 0.1N -----	30
Cuadro 13. Secuencia de la evolución de las perlas de alginato de calcio -----	36
Cuadro 14. Solución patrón de trabajo en ppm -----	38
Cuadro 15. Cuadro de la obtención de la constante K -----	41
Cuadro 16. Concentración final del Boro en ppm -----	41
Cuadro 17. Concentración final del Boro en ppm -----	41
Cuadro 18. Equipos utilizados en la investigación. -----	42
Cuadro 19. Determinación de la dosis -----	47
Cuadro 20. Determinación de la dosis -----	48
Cuadro 21. Muestras enviadas al laboratorio -----	48
Cuadro 22. Resumen del análisis de laboratorio -----	49

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Adsorción de la concentración de boro -----	49
Grafico 2. Adsorción de concentración de boro-----	50
Grafico 3. Prueba de determinación Concentración- Dosis-----	51
Grafico 4. Prueba de determinación Concentración – Dosis -----	54

## RESUMEN

El propósito de esta investigación fue evaluar una técnica de adsorción de Boro, esto se realizó a través de perlas de alginato de calcio. Estas perlas fueron obtenidas de dos diferentes algas endémicas del Perú la *Macrocystis integrifolia* Bory y *Lessonia Trabeculata Villouta & Santelices*, ambas algas poseen altas concentraciones de alginato. Para la obtención de las perlas de alginato de calcio se realizó tres fases de tratamiento: secado. Molienda y tamizado, Extracción de alginato de sodio (lixiviación, macerado, separación por centrifugación) y Purificación (obtención del alginato de sodio). A partir del alginato de sodio se obtienen las perlas de alginato de calcio. Esta técnica de adsorción se va aplicar en agua de río que presenta concentraciones elevadas de Boro. Es así que se realizó un muestreo de agua del caudal del río Ite, presentando una concentración de 9,35 ppm de B. La metodología aplicada fue realizar ensayos de pruebas de jarras para determinar la adsorción de las perlas en relación a la dosis y al tiempo de agitación y determinar cuál de las dos macroalgas es más eficiente.

Los resultados demostraron que la *Macrocystis integrifolia* Bory presenta una gran eficiencia de adsorción en relaciones a las dosis aplicadas (6.5, 10.5, 15.5) y el tiempo de agitación (24h, 48h, 72h), alcanzando valores de adsorción de 6.79, 4.22, 3.92 y la macroalga *Lessonia Trabeculata Villouta & Santelices*, con la misma dosis y el tiempo de agitación, alcanzo valores desde 6.70, 5.38 y 4,27. Determinándose así que las perlas de alginato de calcio obtenidas de la *Macrocystis integrifolia* Bory son más eficientes que las perlas del alginato de calcio de la macroalga *Lessonia trabeculata Villouta & Santelices*.

**Palabras claves:** adsorción, macroalgas, concentración.

## ABSTRACT

The purpose of this research was to evaluate a Boron adsorption technique; this was done through calcium alginate beads. These beads were obtained from two different endemic algae from Peru *Macrocystis integrifolia* Bory and *Lessonia trabeculata* Villouta & Santelices; both algae possess high concentrations of alginate. To obtain the calcium alginate beads, three treatment phases were performed: drying. Grinding and sieving, Extraction of sodium alginate (leaching, maceration, separation by centrifugation) and Purification (obtaining sodium alginate). From the sodium alginate, the calcium alginate beads are obtained. This adsorption technique will be applied in river water with high concentrations of boron. Thus, a sampling of water from the Ite river flow was performed, presenting a concentration of 9.35 ppm of B. The methodology applied was to carry out tests of jars tests to determine the adsorption of the beads in relation to the dose and to the Agitation time and determine which of the two macroalgae is more efficient.

Los resultados demostraron que la *Macrocystis integrifolia* Bory presenta una gran eficiencia de adsorción en relaciones a las dosis aplicadas (6.5, 10.5, 15.5) y el tiempo de agitación (24h, 48h, 72h), alcanzando valores de adsorción de 6.79, 4.22, 3.92 y la macroalga *Lessonia Trabeculata* Villouta & Santelices, con la misma dosis y el tiempo de agitación, alcanzo valores desde 6.70, 5.38 y 4,27. Determinándose así que las perlas de alginato de calcio obtenidas de la *Macrocystis integrifolia* Bory son más eficientes que las perlas del alginato de calcio de la macroalga *Lessonia Trabeculata* Villouta & Santelices.

Keywords: adsorption, macroalgae, concentration.

## **I. INTRODUCCIÓN**

### **1.1. Realidad problemática**

La conservación de los sistemas ecológicos como los cuerpos de agua, ya sean superficiales o subterráneas, son de vital importancia, puesto que desde tiempos atrás estos cuerpos de agua, se están contaminando producto de actividad natural o antrópica, tal es el caso desarrollo industrial, el crecimiento poblacional que ha incrementado los caudales y descargas de aguas residuales a los cuerpos naturales de agua como ríos, quebradas, lagos, entre otros; elevando de esta manera la contaminación de los mismos y generando, a su vez, problemas ambientales. En muchos países o ciudades el agua potable, solo es accesible para familias que presenta mejores situaciones económicas, mientras que la gente pobre que no cuenta con un sistema conectado depende de vendedores privados o de fuentes poco seguras, llevando a largo plazo a que estas contraigan enfermedades al beber agua contaminada.

Francois (2012), menciona que en estas últimas décadas se ha realizado numerosos esfuerzos para concientizar a la población sobre la necesidad de conservar y reutilizar el agua, puesto que el 97% del agua presente en nuestro planeta se encuentra en el océano y sólo el 3% es agua dulce y solo el 1% es agua disponible para consumo humano, presente en ríos y lagos. El agua es un recurso renovable a diferencia del petróleo y el carbón ya que el agua cuenta con un ciclo natural, pero es finita. La calidad del agua puede verse alterada por la contaminación de origen artificial, es decir, por los vertidos líquidos urbanos e industriales sin previa depuración, por los arrastres a cauces de fertilizantes, por los productos utilizados en la agricultura y por los metales pesados, estos son los principales causantes de la contaminación.

Erostequi (2009), menciona que los metales pesados son sustancias propias de la naturaleza de peso molecular alto, muy difundidos y en muchos casos muy útiles. El problema inicia cuando estos metales son vertidos en los cuerpos de agua puesto que son acumulativo en ciertas partes y generan impactos ambientales significativos, llegando al punto de producir alteraciones en las

plantas, degradación de suelos, reduciendo la productividad; así mismo, si la contaminación es muy alta genera desertificación e impactos en la fauna y flora a nivel de ríos y lagos. La contaminación del medio ambiente por metales pesados es producto de un efecto silencioso.

Actualmente en el valle de Moquegua - Ilo se está utilizando el agua contaminado con boro para consumo humano, ya que en un estudio realizado, se dio a conocer que el boro excede el Límite Máximo Permisible. Según DIGESA en el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, DS N° 031-2010-SA, menciona que la concentración establecida es de 1,500 mg/l de Boro, pero se ha encontrado concentraciones de 5,760 mg/l de Boro. Según la OMS la concentración de Boro en el agua para consumo humano no debe exceder los 0.3 mg/l.

Es por ello que se busca reducir la concentración de boro presente en el agua, y para ello existen diversos procedimientos físicos químicos. Las técnicas más utilizadas para reducir la concentración de boro en agua son la coagulación - precipitación, osmosis inversa, resinas de intercambio iónico, membranas, adsorción; y el uso de uso de polímeros naturales, que ha demostrado eficacia para la eliminación de diversos compuestos tóxicos presentes en el agua. Las perlas de alginato de calcio son polímeros naturales que se extraen de algas pardas de la familia de las “feofíceas” que constituyen la materia prima en la producción del alginato. Esta es una técnica de adsorción, que tiene como finalidad reducir la concentración de boro en agua, ya que actualmente se está presentando un gran problema ambiental en el valle de Moquegua- Ilo por altas concentraciones de este metal.

Según el informe técnico N° 061-2014 de la DIRESA, dio a conocer la presencia de acidez en el agua del río , debido al magnesio, níquel , aluminio, termotolerantes y coliformes totales; producto de un monitoreo ambiental realizado el 14 y 15 de abril del 2014. Este monitoreo demostró que estos metales pesados exceden los límites máximo permisibles (LMP) y los estándares de calidad ambiental (ECA). Las aguas de este río son utilizadas para consumo humano, por ende se está violando las normas sanitarias



establecidas del Ministerio del Ambiente, como el D.S N° 015- 2015-MINAN.

Finalmente por lo antes mencionado en el siguiente trabajo se busca la eficiencia en la remoción de boro en agua de río para uso agrícola, utilizando perlas de alginato de calcio obtenidas de macroalgas. Esta técnica propone utilizar polímeros naturales para remover el boro, donde se va utilizar el alginato de calcio en forma de perlas para eliminar Boro. El alginato es rico en grupos - OH, los cuales son susceptibles de reaccionar con los compuestos de boro formando ésteres de boro. Estudios previos realizados han demostrado que el alginato de calcio es un buen adsorbente. Esta situación hace que el tratamiento de las aguas con presencia de metales pesados sea una necesidad evidente de la sociedad actual, debido al peligro que estas representan ya que pueden ocasionar problemas de salud para las comunidades que se encuentran aguas debajo de la corriente.

## **1.2. Trabajos previos**

YABUR *et al.* (2007), indica que los alginatos son considerados los polisacáridos más abundantes y se encuentran principalmente en las algas marinas. El alginato presente en estas algas llega a abarcar hasta en un 40% de su peso seco, y es el componente estructural de su pared celular. La función principal del alginato en el alga es darle rigidez, flexibilidad, elasticidad y principalmente capacidad de enlazar el agua. Los alginatos en estado natural se presentan como una mezcla de sales de los cationes que generalmente se encuentran en el mar, estos son el  $Mg^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$  y  $Na^{+}$ . La magnitud en la que los iones están unidos al alginato depende fundamentalmente de su composición.

ARVIZU *et al.* (2001), indica que el alginato es el término genérico que se da a las sales y derivados del ácido algínico y que se presenta como mezcla de sales insolubles de calcio, sodio, magnesio y potasio. La conversión de ácido algínico a alginato de sodio, a partir del alga *Macrosystis pyrifera*, tiene como metodología una pre-extracción ácida, dando lugar a la obtención de alginato de calcio y ácido alginato y para obtener su conversión se usa un solvente esta puede ser agua o alcohol. El ácido alginato se lava con agua para obtener un pH de 4 y se mezcla con carbonato de sodio para obtener pH de 7. Se realizó

un experimento con 5 volúmenes de alcohol- agua en proporciones 50:50, 47:53, 44:56, 40:60 y 37:63 y con peso de alga de 10 ml gr de alga, donde el rendimiento de viscosidad fue alto en la proporción de 50:50, y se probó valores de ph que iban desde 6 a 10 para determinar el óptimo en la conversión, obteniendo como resultado los pH óptimos de 7 a 8.y el tiempo mínimo de conversión fue de 30 minutos, para obtener reacciones completas.

LUPO (2012), indica que el alginato es usado para el consumo humano y en la industria. Que se desarrolla a través del microencapsulamiento donde el alginato procedente de las macroalgas es uno de los polímeros más empleados en el microencapsulación, formando una matriz muy versátil, y no toxica para protección de componentes activos, células o microorganismos sensibles al calor, al pH, oxígeno y la luz. Este proceso de microencapsulamiento se realiza a través de una gelificasen iónica, presentando dos tipos de gelificasen interna, ocurre con la liberación del ion calcio desprendida desde su fuente interna de sal de calcio dispersa en la solución de alginato de calcio, y externa, ocurre con la reacción del ion calcio que rodea al hidrocálida hacia la solución de alginato a pH neutro. El microencapsulamiento es la técnica de obtención de una barrera que retrasa las reacciones químicas en medio que lo rodea promoviendo un aumento en el tiempo de vida del producto bajo condiciones determinadas. El proceso de gelificasen ocurre en presencia de cationes multivalentes a excepción del ion magnesio.

SEIRA (2008), Menciona que el boro posee una estructura química variada, presentándose como sólidos cristalinos y mostrando una compleja química en solución. Las técnicas más utilizadas para reducir boro en agua son por resinas de intercambio iónico, pero se está optando por técnicas más económicas, y por ello se usa la técnica de adsorción mediante el uso de polímeros naturales como el alginato de calcio obtenidas a partir de las algas pardas más importantes de la cual se extrae grandes cantidades de alginato esta es la *Macrosystis Integrifolia Bory* que posee un 30% de alginato en su peso seco. El objetivo de esta técnica consiste en comprobar si la técnica de adsorción con perlas de alginato de calcio reduce la concentración de boro en agua. En el estudio realizado se han obtenido las isothermas de adsorción a diferentes pH.

Se observó la influencia de la velocidad de agitación, la concentración de boro, concentración del alginato, el diferente tamaño de las perlas, la influencia del Ph y la velocidad de agitación en las cinéticas. Con respecto a los resultados, muestran que el alginato de calcio absorbe eficazmente el boro, logrando reducir hasta 200 mg de boro por gramo de adsorbente a pH básicos. El estudio en la cinética demuestra que la máxima capacidad de adsorción se consigue entre los 3 y 60 min dependiendo del pH y la concentración inicial de solución.

AYARZA (2015), realizó un estudio para determinar el alginato de calcio obtenido de la alga *Macrosystis sp*, esta una especie endémica del Perú. Inicio con un pre-tratamiento del alga en hipoclorito de Sodio NaOCl 0,5% por 30 min, luego se procedió a la extracción del alginato con una solución acuosa de carbonato de sodio en proporción 1:1 a 80°C por 2 h y por último se purifico, esto consistió en la precipitación del alginato en 2-propanol. Esta metodología se realizó para las tres partes del alga (hojas, tallos, bulbos), concluyendo que la proporción de alginato en cada una de sus partes es similar, a diferencia de otras algas, puesto que el alginato se encuentra solo en las hojas.

CASTRO (2012), realizó un estudio utilizando la técnica de adsorción en continuo en columnas de intercambio mediante la utilización de polímeros naturales para eliminar boro. El polímero natural a utilizar en este proyecto para la adsorción de boro en agua es el alginato de calcio y el composite de alginato de magnesio. Para desarrollar un trabajo eficiente se buscó trabajar el alginato en estado sólido, es por ellos que se transformó el alginato de sodio que es soluble en agua, en gel mediante la fabricación de las perlas de alginato de calcio. Siguiendo el mismo procedimiento se añadió a la solución de alginato de sodio una cantidad de óxido de magnesio conocida y se fabrican las perlas con el mismo procedimiento. Existen diferentes métodos para medir la concentración de boro, en el proyecto se ha utilizado el método del azomethine-H mediante análisis con espectrofotometría de absorción molecular. Donde se llegó a la conclusión que la capacidad de adsorción en continuo de la perlas de alginato aumenta con el pH, siendo el pH ideal el 11, a pH muy ácidos los protones se intercambian con el calcio, creándose un

gradiente de iones calcio hacia la disolución que impide que el boro pueda acceder a los grupos hidroxilo para formar ésteres. Se ha demostrado que las perlas de alginato con óxido de magnesio son estables independientemente del pH al que se trabaje, las perlas con alginato con óxido de magnesio presentan un proceso de desorción satisfactorio.

RAVELO (2012), realizó una evaluación utilizando la técnica de la adsorción mediante el uso del polímero natural para reducir boro en agua. El polímero utilizado fue el quitosano. Se optó por realizar pruebas de adsorción de boro en una solución acuosa de 5 y 50 ppm. Para obtener eficiencia en estas pruebas se realizó dos fases de experimentación. La primera consistió en poner en contacto la solución con las perlas de quitosano- níquel, y se realizó dos pruebas en simultáneo para tener mejores resultados, en la segunda fase se puso en contacto las soluciones con perlas de alginato de calcio. Posterior a ello se procedió a medir la concentración de boro por espectrofotometría de absorción molecular y la concentración de níquel por espectrofotometría de absorción atómica. En la primera fase se concluyó que las perlas de quitosano- níquel removieron una masa de 1.5 g, equivalente hasta más del 90% de boro inicial en dicha muestra y realizando la fase II con perlas de alginato en algunas muestras removi6 hasta el 100% de boro presente en el agua. Se redujo el boro por debajo de los límites máximos permisible para consumo humano que establece OMS (0.05 mg/l).

DEMEY *et al.* ( 2013), menciona que al utilizar perlas de gel de alginato de calcio como absorbente para eliminar boro a partir de soluciones acuosos se debe realiza en función del pH del agua puesto que es fundamental, la concentración inicial de boro, flujo de alimentación tasa, la masa adsorbente y diámetro de la columna. El avance valores de la capacidad de absorción y porcentaje de gel de alginato de calcio para el boro se calcularon. Las columnas obtenidas en diferentes condiciones fueron descritas utilizando el tiempo de Adams-Bohart modelo y cama profunda de servicio (BDST), derivado de la ecuación de Adams-Bohart para predecir curvas de ruptura y para determinar los parámetros de la columna característicos necesarios para el diseño del proceso. Se evaluaron dos perlas con diferentes medidas 2.32mm y

1.31m, concluyendo que las perlas de diámetro de 2.32mm con un porcentaje de alginato en 2.4 % presentó mayor una mejor capacidad de adsorción que las perlas de 1,31 mm debido a que presentan mayor accesibilidad de boro a los centros activos. Con respecto a los resultados el porcentaje máximo de adsorción del boro sobre perlas de gel de alginato de calcio utilizando una concentración inicial de boro de 50 mg L<sup>-1</sup> a ph 11 y la temperatura ambiente (20 +-1 °C) se calcula la reducción se calcula la reducción en un 55, 14 %. Las condiciones óptimas para la adsorción de boro se obtuvieron en un ph alto.

RUIZ *et al.* (2013), Indica que realizó un análisis para eliminar boro por un polímero de alginato en una solución acuosa, teniendo como objetivo realizar una evaluación de la concentración inicial de boro, posteriormente la influencia del pH y la concentración de alginato en las perlas. Donde se demostró que a medida que aumenta el pH, hay un aumento progresivo en la eliminación del boro en el agua.se observo que la adsorción máxima ocurre a un pH 10. Se realizó un análisis inicial con un pH de 2 y 6, donde no se observó que no ocurre adsorción en una solución básica. La eliminación máxima de boro fue de 94 mg/g, esto se obtuvo debido a un medio alcalino.

NÚÑEZ (2007), menciona que según la OMS las enfermedades que están relacionadas al agua es un indicador constante de muchos países y que los principales contaminantes en el agua superficiales son la concentración de boro en agua que exceden el LMP , Los países en vías de desarrollo y sobre todo los sistema de aguas rurales no cuentan con sistemas sofisticados para el tratamiento de las aguas con concentraciones elevadas de boro, así mismo llevar a cabo el tratamiento utilizando otras técnicas implican altos costos los y falta de asesoramiento técnico hace que sus sistemas no sean sostenibles. Por ello, indica la necesidad de evaluar y validar alternativas de tratamiento que sean viables para las zonas rurales que padecen la contaminación de agua con boro.

### **1.3. Teorías relacionadas al tema**

## **El Boro**

El boro es un elemento químico que pertenece al grupo IIIA de la tabla periódica. Su número atómico es el 5 y su peso atómico es 10.811. Fue descubierto en 1809 por Gay-Lussac y Thenard. El boro es un sólido, insípido y sin olor de color verde pardoso. El boro es infusible, y su relación con el oxígeno a temperatura ambiente, es nula, pero en presencia de fuego se combina con él, así también el boro presenta una naturaleza blanda, es fácil de manejarlo, y su presencia en yacimientos superficiales indica que fue conocida por los primitivos habitantes del planeta. Presenta una configuración electrónica  $[\text{He}] 2s^2 2p^1$ , y presenta potencial de ionización muy elevada siendo difícil quitar sus electrones de valencia. No se encuentra en estado natural, siempre está combinado, y se encuentra generalmente en ácido bórico, sub-borato de sosa. Se ha aplicado como adsorbente del agua. Desde antaño los babilonios lo utilizaban en la joyería y las civilizaciones de Mesopotamia y Egipto lo utilizaron como medicina y como ingrediente esencial y secreta para embalsamar y momificar. El boro se clasifica como un metaloide y es el único de su grupo de carácter no metálico. Es conocido como un semiconductor y tiene propiedades similares al carbono y al silicio. El boro en la naturaleza se encuentra como boratos y esencialmente en el mineral bórax, así también podemos encontrarlo en el medio acuático y terrestre en concentraciones como 4.5 mg/kg en el medio acuático y hasta 10 mg/kg en el medio terrestre. (Thenard, 2005).

## **Toxicidad del boro**

Puesto que al consumir alimentos con alto contenido de boro acumulado en los tejidos vegetales y animal, puede presentar un riesgo potencial para la salud. La toxicidad con boro es poco detectada, aunque algunos derivados pueden irritar los ojos o las mucosas gástricas. Ciertos compuestos de boro son metabolizables y no se acumulan en el organismo a excepción de los huesos, a diferencia de los boratos estos no son mutagénicos ni cancerígenos. Los síntomas que se presentan al intoxicarse con boro son náuseas vómitos, diarrea irritaciones cutáneas, estimulación nerviosa y depresión. Y en caso extremo la muerte este pasado 5 días por colapso vascular, las estimaciones

de dosis mortífera aguda de ácido bórico es de 15 a 20 gr en adulto, de 5 a 6 gr en joven y de 1 a 3 gr en bebe. (Person, 2010)

El boro es un metaloide que tiende a acumularse en los tejidos animales y vegetales. Es considerado un riesgo a largo plazo si se consume alimentos y aguas que presentan altas concentraciones de boro.

➤ **Toxicidad en el hombre**

La toxicidad del boro es poco pronunciada, y se presenta con irritaciones en los ojos y las mucosas gástricas. Algunos compuestos de boro no son peligrosos tal es el caso de los boratos, puesto que estos no son mutagénicos ni cancerígenos y no son metabolizables favoreciendo así a que no se acumulen en el organismo a excepción de depósitos mínimos en los huesos. El ácido bórico se absorbe a través del canal gastrointestinal, heridas abiertas, donde el borato al ser distribuido presenta afinidad por el cerebro, el hígado y los riñones, donde casi el 50% del ácido bórico es eliminado por la orina luego de 2 horas. Estudios recientes dieron a conocer que una exposición elevada y continua con ácido bórico y bórax realizado en animales de laboratorio, demostraron que efectos en la fertilidad y el desarrollo del feto. La fuente principal de boro para una absorción diaria es mediante alimentos o agua potable. [INFORME DEL INSTITUTO NACIONAL DE TOXICOLOGIA].

➤ **Toxicidad en las plantas**

El boro es un elemento fundamental para la nutrición de las plantas favoreciendo al desarrollo de las plantas, pero la presencia de altas concentraciones disminuye el rendimiento en la producción agrícola. La tolerancia que presenta cada tipo de vegetación es diferente, puesto que influye su velocidad de acumulación y la resistencia de sus tejidos a la toxicidad, un claro ejemplo son los cítricos y los frutales. La siguiente tabla da a conocer cuáles son los cultivos más sensibles a altas concentraciones de boro clasificándolos en: sensibles, semisensibles, tolerantes. [KAREN Y BINGHAN, 1985].

Tabla 1: Tolerancia relativa de Boro en las plantas

Tolerancia relativa de Boro en las plantas		
Cultivos Sensibles	Cultivos Semisensibles	Cultivos Tolerantes
Manzano	Cebada	Esparrago
Cerezo	Alfalfa	Arándano
Limonero	Repollo	Algodón
Naranja	Zanahoria	Pepino
Peral	Lechuga	Gladiolo
Melocotonero	Cebolla	Sésamo
Pomelo	Patata	Tulipán
Aguacate	Calabaza	Remolacha
Olmo	Espinaca	Haba
Albaricoque	Tabaco	Pasto
Higuera	Olivo	Menta
Vid	Rosal	Centeno
Ciruelo	Tomate	
Judías	Trigo	

Fuente: KAREN Y BINGHAN, 1985

## El boro en el agua

El boro se encuentra en medio natural acuoso en forma de ácido bórico. El boro también se encuentra en aguas subterráneas como ácido bórico, borato o iones de poliborato. Su distribución en el ambiente está relacionado con el pH, salinidad, temperatura y relación con iones. En aguas puras sin presencia de contaminantes se encuentra en concentraciones de 0.05 mg/ l, y en aguas de mar su concentración es de 4.6 mg/l. y en aguas servidas su concentración es de 1 mg/l. El boro presenta fraccionamiento isotópico y esta abundancia isotópica se determina mediante espectrometría de masas en forma de ionización térmica negativa. Y la presencia del fraccionamiento isotópico en



aguas subterráneas facilita el estudio para conocer el origen de las sales disueltas en esta agua. Las fuentes de boro, que se encuentran en aguas superficiales son generadas por los vertidos urbanos, tales son los detergentes y productos de limpieza, vertidos industriales e innumerables productos químicos procedentes de la agricultura. El boro puede ser transmitido de agua de mar a la atmósfera a través de un proceso por el cual las sales de boro se inyectan en la atmósfera directamente en la interface agua-aire, y a través de la volatilización de boro como ácido bórico,  $H_3BO_3$ . Se han determinado que entre 1,3 y 1,4 millones de toneladas de boro se transmiten a la atmósfera a partir de fuentes marinas cada año a través de estos mecanismos. También se ha sugerido que el boro puede estar presente en otros depósitos en el ciclo hidrológico, tales como el agua subterránea, agua de superficie y el hielo. (Pulido *et al*, 2007).

El boro es un indicador de la calidad de las aguas para riego. En la tabla 14 se recoge información de acuerdo a las distintas clases de agua de riego según el contenido de boro en mg/l y el rango de tolerancia en mg/l de las plantas.

Tabla 2: Tolerancia de cultivo según la concentración límite de toxicidad en mg/l del agua de riego.

Tipo de agua	Tolerancia del cultivo según la concentración límite de toxicidad en mg/l. del agua de riego		
	Sensibles	Semitolerantes	Tolerantes
Excelente	<0.33	<0.67	<1.00
Buena	0.33 – 0.67	0.67 – 1.33	1.00 – 2.00
Permisible	0.67 – 1.00	1.33 – 2.00	2.00 – 3.00
Uso dudoso	1.00 – 1.25	2.00 – 2.50	3.00 – 3.75
Inadecuada	>1.25	>2.5	>3.75
Tolerancia del cultivo según la concentración límite de toxicidad en mg/l. del agua de riego			
Sensibles (0.3 – 1.0 mg/l de B)	Semitolerantes (1.0 – 2.0 mg/l de B)	Tolerantes (2.0 – 4.0 mg/l de B)	
Pera	Girasol	Espárrago	
Manzana	Papa	Palmera Canaria	
Vid	Algodón	Palmera Dactilifera	
Cereza	Rábano	Remolacha de jardín	
Melocotón	Olivo	Remolacha azucarera	
Haba	Cebada	Alfalfa	
Nueces	Trigo	Gladiolo	
Ciruelo	Maíz	Cebolla	
Albaricoque	Avena	Nabo	
Naranja	Batata	Col	
Pomelo	Lima	Lechuga	
Limón	Calabaza	Zanahoria	

Fuente: Irrigation water quality standards and salinity Management strategies, Texas Agricultural extension service.

## **Polímero Natural**

Los polímeros naturales son aquellos precedentes del reino vegetal y animal. Nuestros cuerpos están constituidos por polímeros: DNA, RNA, proteínas e hidratos de carbono, así también lo encontramos en la celulosa, la seda, el hule, precedente de hevea, la lana y el alginato procedente de las algas marinas. (Reimond, 2002).

Las algas marinas son consideradas biopolímeros naturales, que se encuentran localizadas dentro de nuestro litoral peruano. Son producidas en grandes cantidades de manera natural y se depositan en los yacimientos de las orillas de las playas siendo considerados desechos. Estas algas son *Macrocystis integrifolia* Bory “aracanto, palo” y *Lessonia Nigrescens* Bory “zargazo, bolita”, estas algas muestran grandes propiedades básicas con un pKa de 2.13 y 2.67. Esto hace referencia al contenido de alginato y las proteínas fosfatasas presentes en las paredes de las algas. Estas algas son consideradas bioadsorbentes para eliminar los contaminantes de aguas residuales a condiciones reales debido a su acidez. (Cuizano, et al, 2007).

## **Macroalgas Comerciales del Litoral Peruano**

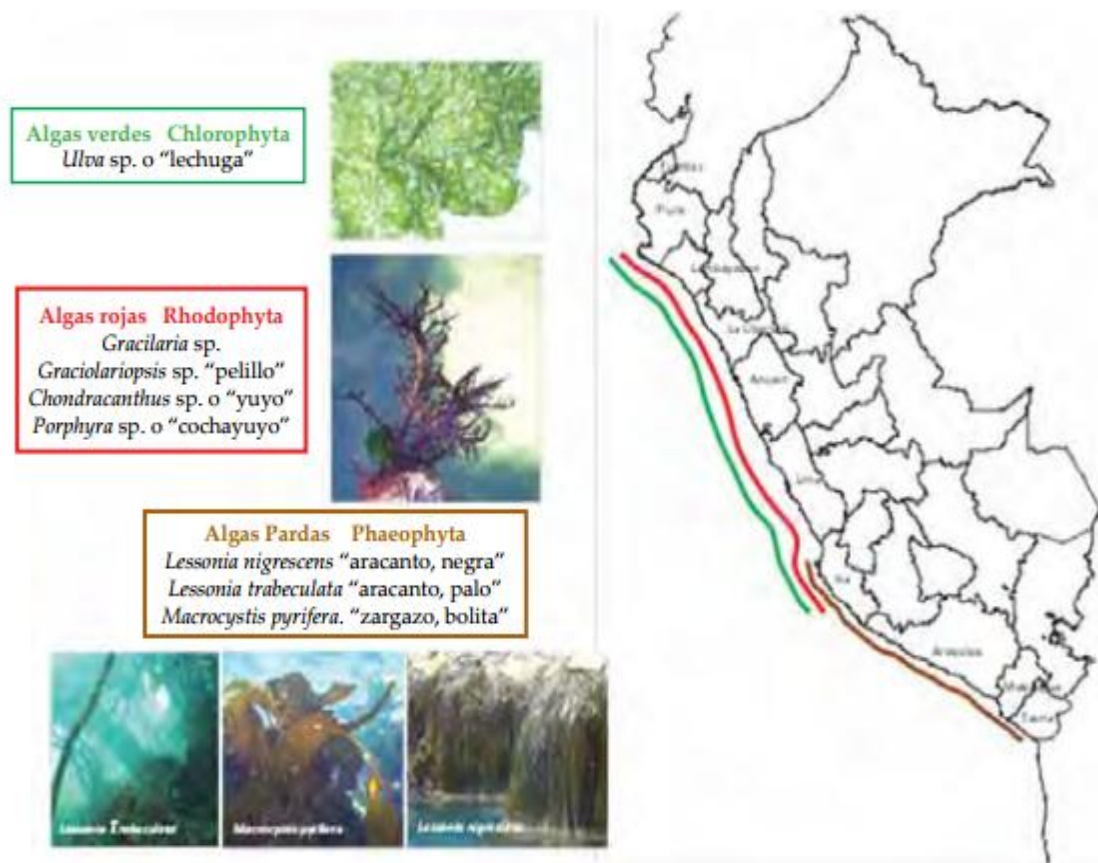


Figura 1. Especies de macroalgas de importancia comercial del litoral peruano  
Fuente: (IMARPE, 2012)



Figura 2: *Macrocystis Integrifolia* Bory  
Fuente: Instituto del Mar del Perú- IMARPE



Figura 3: Lessonia Trabeculata Villouta Bory & Santelices  
Fuente: Instituto del Mar del Perú- IMARPE

### Obtención de los alginatos

Los alginatos son polisacáridos extraídos de algas marinas pardas, son denominados polímeros que contienen altas concentraciones de alginato. Los polisacáridos más importantes extraídos de las algas marinas son el alginato de calcio, el ácido algínico y alginato de sodio. Entre los polisacáridos destacan los alginatos y el agar por sus aplicaciones industriales. Para obtener el alginato se recolecta el alga procedente del mar. De la obtención de estas algas pardas se extrae alginato con propiedades diferentes. Las algas más comunes son *Ascophyllum*, *lessonia*, *Macrocystis*, *sargassum* y *turbinaria*. En el Perú se recolecta las especies de *Macrocystis pyrifera*, *lessonia trabeculata* y *lessonia nigrescens*, en la región Ica. (Ayarza, 2014).

Para la obtención de estos alginatos se debe realizar los siguientes pasos:

FASE I: tratamiento primario (secado. Molienda y tamizado)

Obtención de las algas que se van a secar directamente al sol, luego se muelen a un tamaño inferior de 1cm de diámetro y es tamizado en un tamiz vibratorios conserva el sólido seco y separado en partículas muy pequeñas,

para posteriormente agregarlos de los alginatos.

FASE II: Extracción de alginato de sodio (lixiviación, macerado, separación por centrifugación).

Se realiza la lixiviación con ácido clorhídrico, logrando un intercambio catiónico y cambiando los alginatos de matriz sólida en ácido algínico. Este procedimiento lleva 2 horas con una solución de HCl 0.1 N. Para eliminar restos ácidos se lavan y filtran las algas. Los líquidos obtenidos contienen potasio que puede ser recuperado. El sólido obtenido se somete a una maceración. El ácido algínico es sometido a un tratamiento alcalino y se obtiene alginato de sodio crudo mediante métodos físicos como filtración, centrifugación.

FASE III: Purificación (obtención del alginato de sodio, ácido alginato y alginato de sodio)

Se busca obtener las condiciones en pureza. se realiza la precipitación de alginato con cloruro de calcio al 10%, obteniendo alginato de calcio purificado en sólido que es blanqueado con la adición de NaClO. Posteriormente el alginato de calcio es llevado a ácido algínico, realizando tres lavados con solución de HCl al 5 %. Luego se obtiene el alginato de sodio, obtenida de la solución acuosa de ácido algínico por alcalinización en soda cáustica 5N. (SEIRA, 2008).

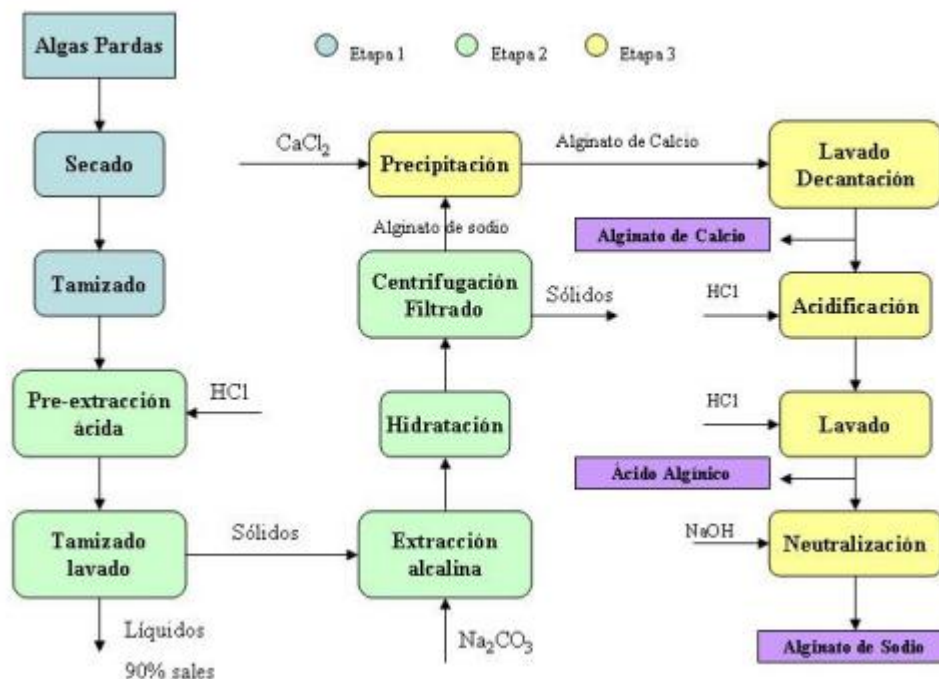


Figura 4: proceso en la obtención de alginato de calcio.

### Formación de las Perlas de alginato de calcio

El alginato obtenido en los procedimientos anteriores presenta cantidades insignificantes de calcio, es por ello que para aumentar la viscosidad se usa una sal de calcio poco soluble, como el cloruro de calcio. Al adicionar la solución de alginato de sodio a la solución de cloruro de calcio se precipita formando fibras y estas pueden ser separadas en una malla, lavadas en agua. Donde la reacción que ocurre es que los iones de  $\text{Ca}^{+2}$  al ser divalentes necesitan de dos cargas negativas, donde el calcio se une a los grupos carboxilos mediante enlaces iónicos. A este proceso se conoce como encapsulamiento donde el calcio se une a un polímero formando perlas de alginato.



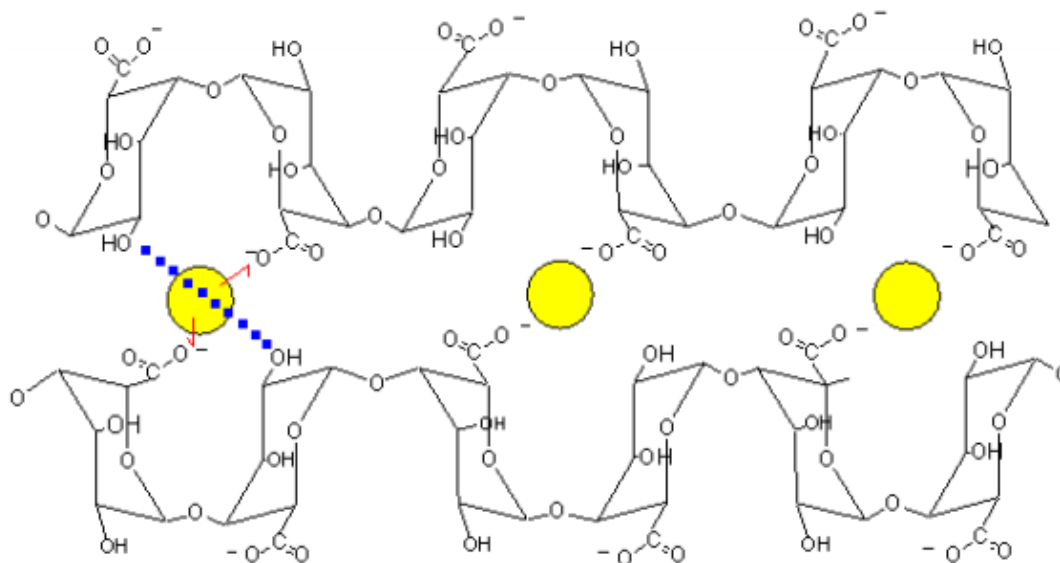


Figura 5: formación de perlas de alginato de calcio

La obtención de las perlas de alginato de calcio se obtiene a partir del alginato d de sodio. Para la preparación de las perlas de alginato de calcio se bombean 200 ml de una solución acuosa que contiene 6.4 g de alginato de sodio con una bomba peristáltica. La gota de la solución viscosa de alginato de sodio se convierte en una esfera translúcida y semirrígida cuando entra en contacto con la solución de nitrato de calcio (concentración: 0.05M, volumen: 1800 ml). Las esferas quedan impregnadas de la solución de cloruro de calcio y se guardan en el frigorífico para más experimentos posteriores. Las esferas se vuelven rígidas y opacas con su maduración; se guardan durante toda la noche en la solución de cloruro de calcio para asegurarse la total penetración del calcio en las perlas. Cada perla contiene una media de 0.59 mg de alginato de sodio. (SEIRA, 2008).

### Adsorción

Se define adsorción como un proceso de equilibrio que consiste en la capacidad de ciertos sólidos para hacer que algunas sustancias de una solución se concentren en la superficie de los sólidos. A diferencia de la absorción que consiste en la acumulación de la sustancia absorbida en todo el volumen del absorbente cambiando su forma. [RUTHVEN y DOUGLAS, 1984].

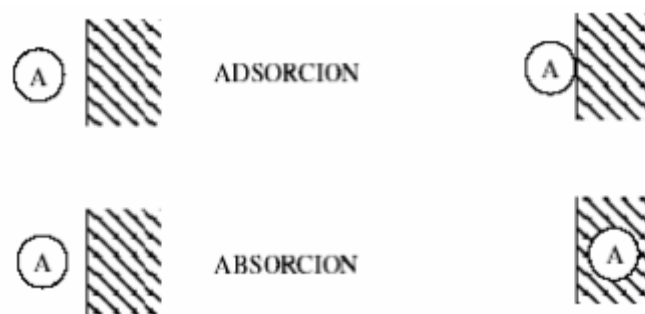


Figura 6: Proceso de Sorción

Existen dos tipos de adsorción física y química, donde la adsorción física es un fenómeno que ocurre en la superficie de los poros del sólido por fuerzas de Van der Waals o enlaces químicos, realizándose entre las moléculas del adsorbato y los átomos que componen la superficie del adsorbente. Los adsorbentes están caracterizados por presentar propiedades en la superficie como su área superficial y polaridad, donde el ion es adsorbido por el sólido dependiendo de la carga relativa entre ambos. Cuando el fenómeno ocurre por fuerzas de la naturaleza química se le denomina quimisorción un ejemplo es cuando el contaminante comparte electrones con el sólido formando enlaces, esto depende de la temperatura y la naturaleza del sólido y de la especie en relación a su concentración. Como la operación extracción sólido-líquido. Los procesos de adsorción se complementan con una etapa de desorción. La adsorción no se debe confundir con la absorción, que es la retención de una sustancia molecular en estado líquido o gaseoso. Y la adsorción química se realiza cuando el adsorbente y el adsorbato se unen mediante enlaces químicos. Donde el proceso se vuelve selectivo cuando hay formación de enlaces covalentes, casi siempre esta interacción química es proceso irreversible (COSTA *et al*, 2004).

### Marco legal

Las normas que regulan la concentración de Boro, según la aprobación de su reglamento con el Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM, las cuales son aplicadas en el ámbito nacional y son de obligatorio cumplimiento en la



Categoría 3: Riego de Vegetales y Bebida de Animales. Tal como lo indica en su anexo N°3 (ver tabla 3). Son aguas superficiales destinadas al riego de plantas, frecuentemente de porte herbáceo y de poca longitud de tallo, plantas de porte arbustivo y para la bebida de animales. Entiéndase como aquellas aguas, que por sus características de calidad reúnen las condiciones para ser destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano con simple desinfección, de conformidad con la normativa vigente.

Tabla 3. Parámetros y Valores Consolidados. CATEGORÍA 3, Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM

CATEGORIAS		ECA AGUA: CATEGORÍA 3	
PARÁMETRO	UNIDAD	PARÁMETROS PARA RIEGO DE VEGETALES	PARÁMETROS PARA BEBIDAS DE ANIMALES
		D1: RIEGO DE CULTIVOS DE TALLO ALTO Y BAJO	D2: BEBIDA DE ANIMALES
<b>FÍSICOS - QUÍMICOS</b>			
Aceites y grasas	mg/L	5	10
Bicarbonatos	mg/L	518	""
Cianuro Wad	mg/L	0,1	0,1
Cloruros	mg/L	500	""
Color (b)	Color verdadero escala PtCo	100 (a)	100 (a)
Conductividad	( $\mu$ S/cm)	2 500	5 000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/l	15	15
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/l	40	40
Detergentes (SAAM)	mg/l	0,2	0,5
Fenoles	mg/l	0,002	0,01
Fluoruros	mg/l	1	""
Nitratos (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N) + Nitritos (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N)	mg/l	100	100
Nitritos (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N)	mg/l	10	10
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	4	5
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5	6,5 – 8,4
Sulfatos	mg/L	1000	1000
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3
<b>INORGÁNICOS</b>			
Aluminio	mg/L	5	5
Arsénico	mg/L	0,1	0,2
Bario	mg/L	0,7	""
Berilio	mg/L	0,1	0,1
Boro	mg/L	1	5

Fuente: Decreto Supremo N° 002 -2015 MINAM

Los parámetros indicados en la Tabla 3, con respecto al Boro son los valores máximos permisibles que se pueden encontrar en agua para uso agrícola y para el consumo de los animales. Si estos ríos superan los valores establecidos pueden generar a largo o medio plazo impactos ambientales.

#### **1.4. Formulación del problema**

##### **1.4.1. Problema general**

- ❖ ¿Son eficientes las perlas de alginato de calcio obtenidas de macroalgas (*Macrocystis Integrifolia* Bory, *Lessonia Trabeculata* Villouta & *Santelices*) para reducir Boro en aguas de río para uso agrícola en el distrito de Ite-Moquegua 2017?

##### **1.4.2. Problemas específicos**

- ❖ ¿Cuál de las perlas de alginato de calcio obtenidas de las macroalgas (*Macrocystis Integrifolia* Bory, *Lessonia Trabeculata* Villouta & *Santelices*) es más eficiente para reducir Boro en aguas de río para uso agrícolas en el distrito de Ite- Moquegua 2017?
- ❖ ¿Cuál de las tres dosis aplicadas (6.5, 10.5, 15.5) de perlas de alginato de calcio obtenidas de las macroalgas (*Macrocystis Integrifolia* Bory, *Lessonia Trabeculata* Villouta & *Santelices*) es más eficiente en la reducción de Boro en aguas de río para uso agrícolas en el distrito de Ite- Moquegua 2017?

#### **1.5. Justificación del estudio**

Un informe desarrollado en el año 2014, informó sobre la calidad de agua en el río Ite - Moquegua, donde un Informe Técnico N° 061-2014, hecho por la ONG Proyecto Local, revela la presencia de arsénico, boro, manganeso, sodio, cloruros y sulfatos , elementos altamente nocivos para la salud y que se concentran por encima de los límites máximos permisibles (LMP) en el afluente. De acuerdo a este informe más de 6.700 habitantes consumen un agua altamente contaminada.

Dicho informe registra la contaminación de agua por boro excediendo los LMP con un 5,760 mg/l de boro, cuando el límite máximo permisible es de 2.5 mg/l de boro. Hasta la actualidad no se han llevado a cabo técnicas para reducir la concentración del boro en el agua en el río Ite-Moquegua-Ilo. Las técnicas que se utilizan para reducir el boro son; ósmosis inversa e intercambio iónico, pero estas técnicas implican un alto costo.

Es por ello que se ha desarrollado una investigación práctica porque se busca aplicar conocimientos que van a permitir reducir los impactos generados utilizando polímeros naturales para reducir la concentración de boro en agua. Los polímeros naturales que se van a utilizar son las macroalgas (*Macrocystis integrifolia* Bory y *Lessonia Trabeculata* Villouta & Santelices), de donde se va a extraer el alginato y posteriormente elaborar las perlas de alginato de calcio y aplicar la técnica de adsorción.

## **1.6. Hipótesis**

### **1.6.1. Hipótesis general**

- ❖ Las perlas de alginato de calcio obtenidas de macroalgas (*Macrocystis integrifolia* Bory, *Lessonia Trabeculata* Villouta & *Santelices*), si reducen Boro en las aguas de río para uso agrícola en el distrito de Ite- Moquegua 2017?

### **1.6.2. Hipótesis específicos**

- ❖ Las perlas de alginato de calcio obtenidas de la macroalga *Macrocystis Integrifolia* Bory es más eficiente que las perlas de alginato de calcio obtenidas de la macroalga *Lessonia Trabeculata* Villouta & *Santelices*, para reducir Boro en aguas de río para uso agrícolas en el distrito de Ite-Moquegua 2017?
- ❖ De las tres dosis aplicadas (6.5, 10.5, 15.5) de perlas de alginato de calcio obtenidas de las macroalgas (*Macrocystis Integrifolia* Bory, *Lessonia Trabeculata* Villouta & *Santelices*) al menos una es más eficiente en la reducción de Boro en aguas de río para uso agrícolas en el distrito de Ite- Moquegua 2017?

## 1.7. Objetivos

### 1.7.1 Objetivo General

- ❖ Determinar la reducción del Boro mediante perlas de alginato de calcio obtenidas de macroalgas (*Macrocystis integrifolia* Bory, *Lessonia Trabeculata* Villouta & *Santelices*) en aguas de río para uso agrícola en el distrito de Ite- Moquegua 2017.

### 1.7.2 Objetivos Específicos

- ❖ Determinar cuál de las perlas de alginato de calcio obtenidas de las macroalgas (*Macrocystis Integrifolia* Bory, *Lessonia Trabeculata* Villouta & *Santelices*) es más eficiente para reducir Boro en aguas de río para uso agrícolas en el distrito de Ite- Moquegua 2017.
- ❖ Determinar cuál de las tres dosis aplicadas (6.5, 10.5, 15.5) de perlas de alginato de calcio obtenidas de las macroalgas (*Macrocystis Integrifolia* Bory, *Lessonia Trabeculata* Villouta & *Santelices*) es más eficiente en la reducción de Boro en aguas de río para uso agrícolas en el distrito de Ite- Moquegua 2017.

## II. MÉTODO

### 2.1 Diseño de método

Este trabajo de investigación está basado en un método experimental ya que se ha controlado deliberadamente las variables en estudio con el fin de delimitar las relaciones entre ellas, además se han recopilado datos de los grupos experimentales para obtener las perlas de alginato de calcio a partir de las siguientes macroalgas (*Macrocystis integrifolia* Bory y *Lessonia Trabeculata* Villouta & *Santelices*) y medir posteriormente la variable dependiente la reducción de boro en agua potable del río Ite y compararlos con los datos recopilados de sus grupos control correspondientes.

Se realizó la toma de muestra inicial del grupo control y sus concentraciones

finales de Boro, luego de aplicar el tratamiento de perlas de alginato de calcio obtenidas de dos macroalgas a tres dosis diferentes (6.5, 10.5, 15.5 g) en las agua del río Ite, ubicado en el distrito de Ilo en el departamento de Moquegua, sin alterar sus característica. La simulación del tratamiento se realizará mediante prueba de jarras para determinar la eficiencia de reducción de las perlas de alginato de calcio.

- Recolección de la muestra inicial para análisis preliminar

El volumen de muestra extraída fue de 275 litros, realizado por Dayhavilly Mendoza Gamarra, el día martes 26 de mayo del 2017 a las 12: 25 pm de las aguas del rio Ite (S 17° 57.466" W 70° 57.034") del departamento de Moquegua y llevadas al laboratorio de Análisis de suelos, plantas, aguas y fertilizantes de la UNALM.

Tabla 4. Cadena de custodio

DATOS GENERALES						
Lugar de muestreo: Río ITE-Moquegua		Departamento: Moquegua				
Provincia: Ite		Tipo de muestra: Liquida				
Identificación de laboratorio: laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes de la UNALM.		Fecha y Hora de Muestreo: 26/06/2017- 13: 45 pm				
DATOS DEL MUESTREO						
Identificación de la muestra		Fecha de la muestra	Hora de muestra	PARÁMETROS REQUERIDOS		
Muestra preliminar 1		26/06/2017	12:25 p.m.	PH	Temperatura	Boro
Nombre y apellido del responsable del muestreo: Dayhavilly Mendoza Gamarra						
Firma del responsable del muestreo:						

Fuente: Elaboración propia

**EFICIENCIA DE LAS PERLAS DE ALGINATO DE CALCIO OBTENIDOS  
DE MACROALGAS PARA REDUCIR BORO EN AGUA POTABLE DEL  
RÍO ITE- ILO- MOQUEGUA, 2017**

**DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN INICIAL DEL BORO EN EL AGUA DEL RIO ITE**

**COLECTA DE LAS MACROALGAS DE LA COSTA PERUANA  
DE LA BAHIA DE SAN NICOLAS - ICA**

**M1: *Macrocystis integrifolia*  
Bory**

**M3: *Lessonia Trabeculata Villouta*  
& *Santelices***

**PREPARACIÓN DE LAS PERLAS DE ALGINATO DE CALCIO A PARTIR DE LAS  
MACROALGAS**

**ANÁLISIS DE REMOCIÓN DE BORO CON CADA MACROALGA**

**REMOCIÓN:  
M1 PROCESADA**

**REMOCIÓN:  
M2 PROCESADA**

**ANÁLISIS DE BORO DEL AGUA CONTAMINADA A PARTIR DE LAS MACROALGAS**

**DETERMINAR EL % DE EFICIENCIA DE REMOCIÓN A PARTIR DE CADA MACROALGA**

Figura N°7: Metodología de la investigación

## 2.2 Variables, Operacionalización

**2.2.1 variable interviniente:** El agua a tratar.

**2.2.2 variables independiente:** Eficiencia de las perlas de alginato de calcio obtenidas de macroalgas.

**2.2.3 variable dependiente:** Reducción del Boro.

Cuadro 1: Operacionalización de variables

OPERACIONALIZACION DE VARIABLES						
VARIABLE		DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICION
INDEPENDIENTE	Eficiencia de las perlas de alginato de calcio obtenidas de macroalgas	Las perlas de alginato de calcio se obtienen a partir de algas pardas endémicas del Perú. Donde se realiza un pre-tratamiento del alga, extracción en medio alcalina, purificación del alginato y gelificación del alginato por entrecruzamiento iónico. AYARZA (2015).	Presipitacion del alginato de sodio en solución acuosa de cloruro de calcio, generando la gelificación, producto del entrecruzamiento de las cadenas polímeras en la superficie de la perla.	Perlas de alginato de calcio obtenida de las macroalgas	Dosis de perlas de alginato de calcio <i>(Macrocystis integrifolia Bory y Lessonia Trabeculata Villouta &amp; Santelices)</i> Tiempo de agitación lenta	Gramo (g)
				Velocidad y tiempo de agitación		rpm
DEPENDIENTE	Reducción del Boro	Son métodos para controlar la contaminación, donde se emplean equipos y materiales estos son fundamentales para saber que técnica se va a utilizar y poder así evaluar su eficacia.  SPIEGEL Y MAYSTRE, (2014).	Adsorción de la concentración de boro en agua de rio bajo determinadas dosis de perlas e alginato de calcio.	Boro	Concentración inicial y final de:  Boro	ppm

Fuente: Elaboración propia

## 2.3 Población y muestra

### Diseño de investigación

**Experimental:** Porque se quiere saber si el hecho de usar las macroalgas producen resultados distintos respecto a la reducción de la concentración de Boro en el río Ite.

### Población

La población está determinada por el caudal del río Ite, coordenadas S 17° 57.466" W 70° 57.034" del Distrito de Ite departamento de Moquegua, Periodo 2017.

### Muestras

Un volumen de 7 litros de agua para la medición del pH, temperatura y Boro en el tratamiento.

Tabla 5: Población y muestra de la investigación

Grupo Control	Grupo Experimental	Pruebas Iniciales y Finales
1 muestra	3 muestras para T1: perlas de alginato de calcio ( Macrocystis Integrifolia Bory)  3 muestras : para tratamiento con perlas de alginato de calcio (Lessonia Trabeculata Villouta & Santelices)	Boro
1 litro	6 litros	
Total: 7 litros		

Fuente: elaboración propia

### Diseño Muestral

El método de muestreo es **no probabilístico**, siguiendo un tipo de **muestreo discrecional**, ya que las muestras serán extraídas a criterio y necesidad del investigador.



## 2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

Cuadro 2. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

ETAPA	FUENTE	TÉCNICA	INSTRUMENTOS	RESULTADOS
Muestreo del agua del río Ite.	Plan de muestreo.	Observación	Cadena custodio	Ubicación del punto de muestreo
Análisis de la muestra de agua de río Ite antes del tratamiento. (Afluente)	Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes UNALM	Observación	Formato con parámetros fisicoquímicos de las muestras con agua de Boro  Al inicio de la investigación	Reporte del análisis de la muestra de agua del río Ite.
Elaboración de las perlas de alginato de calcio.	LABORATORIO QUIMICO  LC INGENIERIA CONSULTORA Y ASESORIA DEL PERU SAC.	Observación	Matriz de análisis	Obtención de las perlas de alginato de calcio en g.
Dosificación con perlas de alginato de calcio ( <i>Macrocystis integrifolia</i> Bory)	LABORATORIO QUIMICO  LC INGENIERIA CONSULTORA Y ASESORIA DEL PERU SAC.	Observación y experimentación	Ensayo de Jarras	Dosis Optima de las perlas de alginato de calcio
Dosificación con perlas de alginato de calcio ( <i>Lessonia Trabeculata</i> Villouta & Santelices)	LABORATORIO QUIMICO  LC INGENIERIA CONSULTORA Y ASESORIA DEL PERU SAC.	Observación y experimentación	Ensayo de Jarras	Dosis Optima de las perlas de alginato de calcio
Análisis del agua del río Ite tratada con las perlas de alginato de calcio.	Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica- Laboratorio de Espectrofotometría	Observación	Formato con parámetros fisicoquímicos de las muestras con agua de boro  Al Final de la investigación	Reporte del análisis del agua tratada.

**Fuente:** Elaboración propia, 2017

## Obtención de las perlas de alginato de calcio a partir de las macroalgas

### Obtención de las macroalgas

Las macroalgas (*Macrocystis integrifolia* Bory y *Lessonia Trabeculata* Villouta & *Santelices*) son adquiridas de la empresa peruana PSW S.A dedicada al desarrollo, producción y comercialización de productos elaborados a partir de los principales recursos algales presentes en la costa peruana de Ica, quienes tiene un área cultivo en la bahía de San Nicolás. Las macroalgas son colocadas en bolsas para facilitar su traslado, tal como se muestra en el cuadro 2.

Cuadro 3. Traslado de macroalgas

<b><i>Macrocystis Integrifolia</i> Bory</b>	<b><i>Lessonia Trabeculata</i> Villouta &amp; <i>Santelices</i></b>
	

Fuente: Elaboración propia. 2017

### Pre- tratamiento de las macroalgas

Como se muestra en el cuadro 3 las macroalgas fueron enjuagadas con agua y se secaron superficialmente con papel toalla.

Cuadro 4. Retiro de impurezas

<i>Macrocystis Integrifolia</i> Bory	<i>Lessonia Trabeculata</i> Villouta & Santelices
	

Fuente: Elaboración propia. 2017

Las hojas de las macroalgas fueron colocadas en papel para facilitar su secado y evitar que se adhirieran.


Cuadro 5. Hojas de las macroalgas en papel por capas

<i>Macrocystis Integrifolia</i> Bory	<i>Lessonia Trabeculata</i> Villouta & Santelices
	

Fuente: Elaboración propia. 2017

Previo al secado se pesaron las macroalgas *Macrocystis integrifolia* Bory y *Lessonia Trabeculata* Villouta & Santelices para determinar el acondicionamiento de las mismas.



Cuadro 6. Equipos de pesado

BALANZA ANALÍTICA


Fuente: Elaboración propia. 2017

Como se muestra en el cuadro 5 las hojas de las macroalgas colocadas en papel y fueron secadas en una horno marca EDYBE a 50 °C por 3h.al finalizar el secado se determinó el acondicionamiento de las macroalgas.

Cuadro 7. Equipo de secado

Macroalgas <i>Macrocystis integrifolia</i> Bory y <i>Lessonia</i> <i>Trabeculata</i> Villouta & <i>Santelices</i>	Temperatura (°C)
	

Fuente: Elaboración propia. 2017



Cuadro 8. Determinación del acondicionamiento de las macroalgas

MACROALGAS	MUESTRA HUMEDA	MUESTRA SECA	% HUMEDAD	TEMPERATURA
<i>Macrocystis integrifolia</i> Bory	0.344 gr	0.102 gr	29.68 %	50°C
<i>Lessonia Trabeculata</i> Villouta & <i>Santelices</i>	0.539 gr	0.128gr	23.74%	50°C

Fuente: Elaboración propia

Las macroalgas luego del secado en la estufa se trituraron en un mortero hasta obtener partículas muy pequeñas y se pasó por un tamiz de malla de 5mm de diámetro para obtener partículas del mismo tamaño.

Cuadro 9. Tamizado de las macroalgas

MORTERO	TAMIZ (5.60 mm)
	

Fuente: elaboración propia

Las macroalgas fueron pesadas en la balanza analítica para determinar el peso final en seco.

Cuadro 10. Peso de las macroalgas

<i>Macrocystis integrifolia</i> Bory	<i>Lessonia Trabeculata</i> Villouta & <i>Santelices</i>
0.49gr	0.99 gr

El peso en gramos obtenidos de macroalgas se lixivio con ácido clorhídrico (HCl) 0.1N por 2 horas empleando una proporción de volúmenes diferentes de

solución tomando como referencia un antecedente donde se utilizó 6.4 gr de alga seca en un volumen de 200 ml.

Cuadro 11. Determinación del volumen de HCl 0.1N

<b>Macroalga</b>	<b>PESO (gr)</b>	<b>VOLUMEN (ml)</b>
<i>Macrocystis integrifolia</i> <i>Bory</i>	<b>0.49</b>	<b>310</b>
<i>Lessonia Trabeculata</i> <i>Villouta &amp; Santelices</i>	<b>0.99</b>	<b>153</b>

Fuente: elaboración propia

Cuadro 12. Macroalgas en solución de HCl 0.1N

<b>Lessonia Trabeculata Villouta &amp; Santelices y Macrocystis Integrifolia Bory</b>

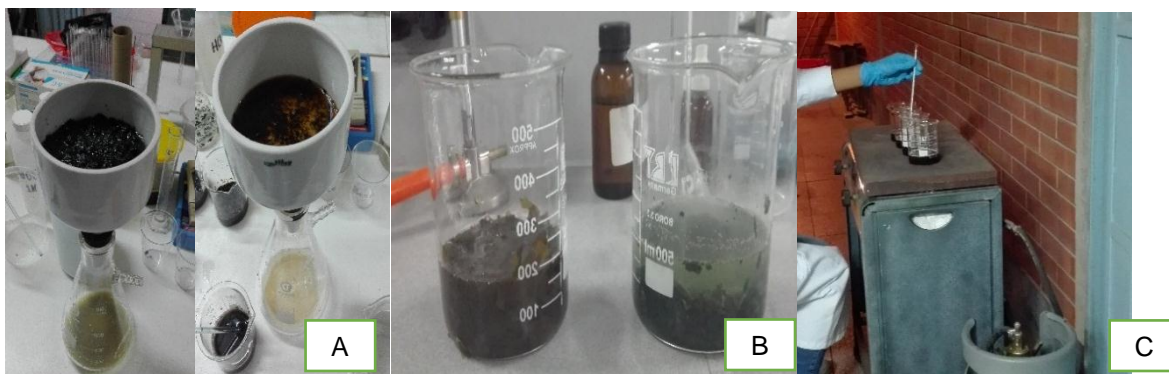

Fuente: elaboración propia

### Extracción alcalina

Extracción alcalina del alginato de sodio se realizaron los siguientes pasos:

1. Se filtró la mezcla en un embudo buchner con papel filtro poliéster y se enjuago con agua destilada.
2. Para la extracción las algas son colocadas en recipientes de 500ml y se adiciona la solución de carbonato de sodio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) 1N
3. Se lleva la mezcla a una temperatura de 80°C por 2h en una manta calefactora.

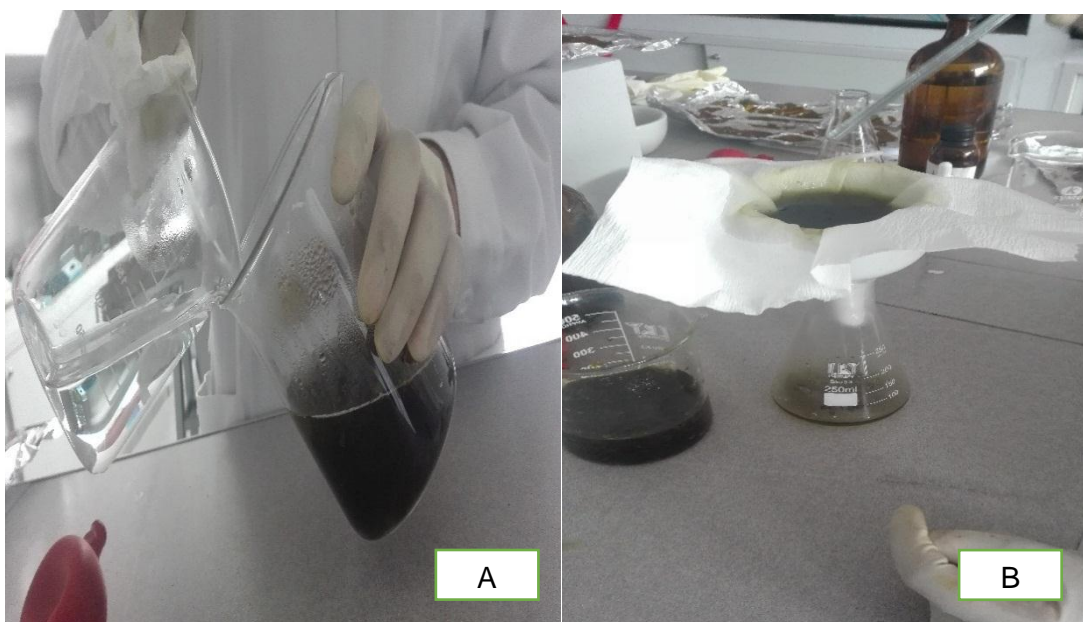




Fuente: elaboración propia, 2017

Figura 8. Extracción del alginato de sodio a 1N a temperatura de 80 °C  
Filtrado (A), Mezcla (B) y Aumento de T° de la mezcla.

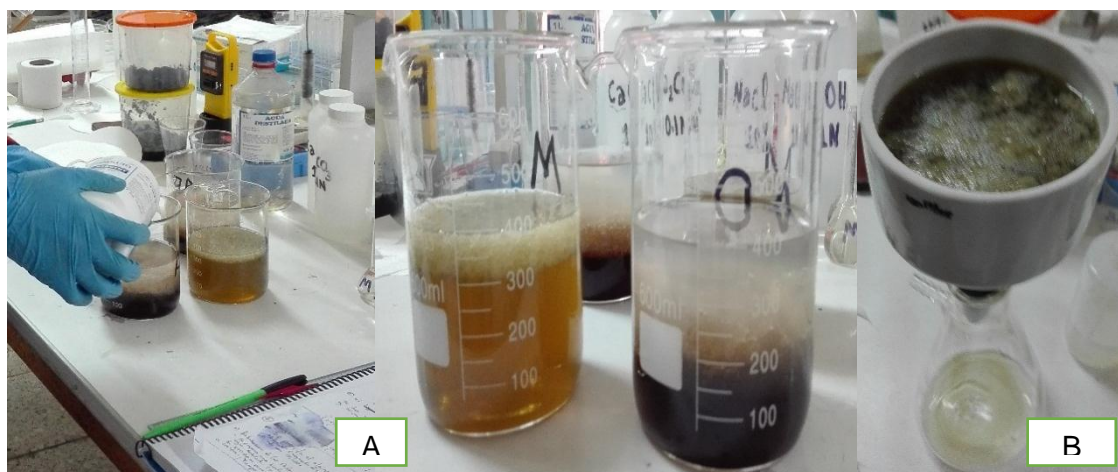
4. La mezcla gelatinosa fue diluida entre 3 a 4 veces su volumen con agua caliente a 50°C para facilitar el filtrado. Se filtró al vacío en filtro poliéster para retener los sólidos residuales y se dejó enfriar por 30 min en la refrigeradora.



Fuente: elaboración propia, 2017

Figura 9. Hidratación de la mezcla y filtrado  
Hidratación (A), Filtrado (B)

5. El producto filtrado se precipitó en 2-propanol (2:1 en volumen propanol: solución), y se deja 30 min en el alcohol y se procedió a filtrar.



Fuente: elaboración propia, 2017

Figura 10. Precipitación en 2-propanol  
Precipitación (A), Filtrado (B)

6. Secado del precipitado en la estufa a 50°C por 2 días y pulverizado con el mortero.



Fuente: elaboración propia, 2017

Figura 11. Secado del alginato de sodio



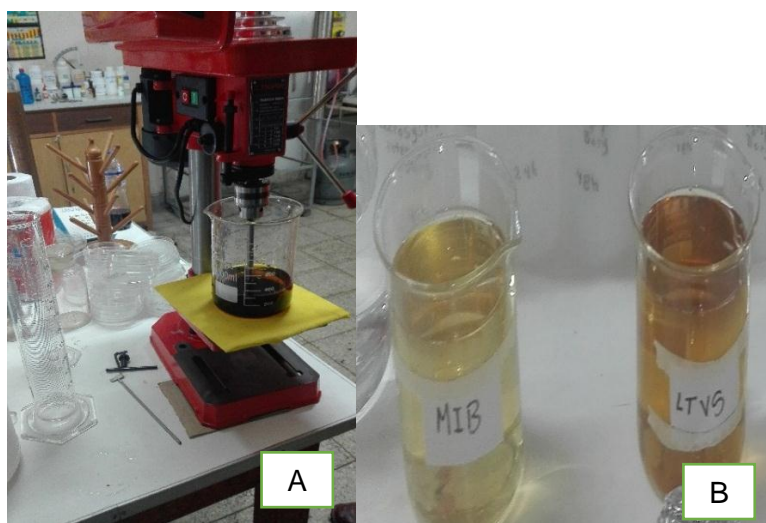


Fuente: Elaboración propia, 2017

Figura 12. Pulverizado

### Obtención de las perlas de alginato de calcio

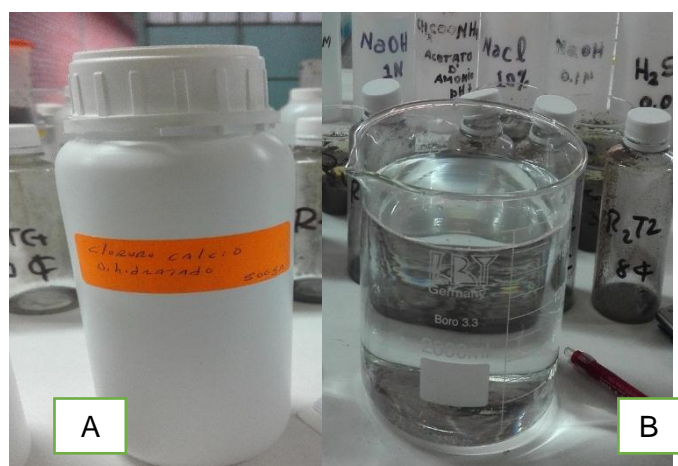
Se incrementa la temperatura del agua destilada a 80°C, y se agrega 5gr de alginato de sodio mediante agitación constante con una Bagueta de vidrio hasta la disolución, luego la mezcla se homogeniza mediante el uso de una bomba peristáltica a una velocidad de 800 rpm durante 5h y se baja la velocidad a 200 rpm para que el aire se disipe y evitar la producción de burbujas durante 5 horas.



Fuente: elaboración propia, 2017

Figura13. Homogenización del alginato de sodio en una bomba peristáltica

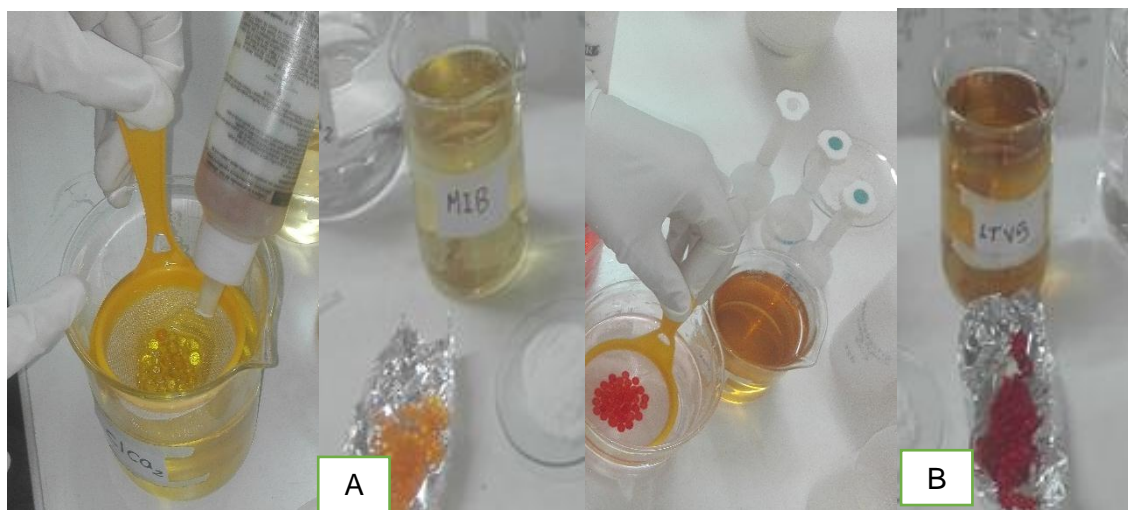
Se prepara 1800 ml de la solución de cloruro de calcio ( $\text{CaCl}_2$ ) 1N.



Fuente: elaboración propia, 2017

Figura 14. Solución del alginato de sodio en 200ml de agua Cloruro de calcio (A), Solución de cloruro de calcio 1N (B).

Se adiciona la solución de alginato de sodio con un gotero a la solución de cloruro de calcio 1 N. La gelificación de las perlas es instantánea y se enjuaga con agua destilada para detener la reacción.



Fuente: elaboración propia, 2017

Figura 15. Gelificación del alginato de sodio en forma esférica  
Perlas del alginato de calcio del alga *Macrocystis integrifolia* Bory (A), Perlas del alginato de calcio del alga *Lessonia Trabeculata* Villouta & Santelices (B).

## **Ensayo de prueba de jarras**

### **Ensayo de prueba de jarras para la alga *Macrocystis integrifolia* Bory**

- a. Inicialmente se pesaron las perlas de alginato de calcio.
- b. Se realizó la prueba de jarra con las muestras de agua con altas concentraciones de boro.

Los parámetros óptimos determinados en un estudio de trazabilidad que se realizó en la muestra de agua de río Ite son los siguientes:

- Dosis óptima : 6.5 gr, 10.5 gr, 15.5 gr
- pH óptimo : 8.53

Configuración del equipo de prueba de jarras (ver cuadro 15)

Mezcla lenta : 50 rpm

Tiempo : 3 días

### **Ensayo de prueba de jarras para la alga *Lessonia Trabeculata* Villouta & Santelices**

- a. Inicialmente se pesaron las perlas de alginato de calcio
- b. Se realizó la prueba de jarra con las muestras de agua con altas concentraciones de boro.

Los parámetros óptimos determinados en un estudio de trazabilidad que se realizó en la muestra de agua de río Ite son los siguientes:

- Dosis óptima : 6.5 gr, 10.5 gr, 15.5 gr
- pH óptimo : 8.53

Configuración del equipo de prueba de jarras (ver cuadro 15)

Mezcla lenta : 50 rpm

Tiempo : 3 días

Los resultados servirán para comparar la eficiencia de perlas de alginato de calcio de ambas macroalgas.

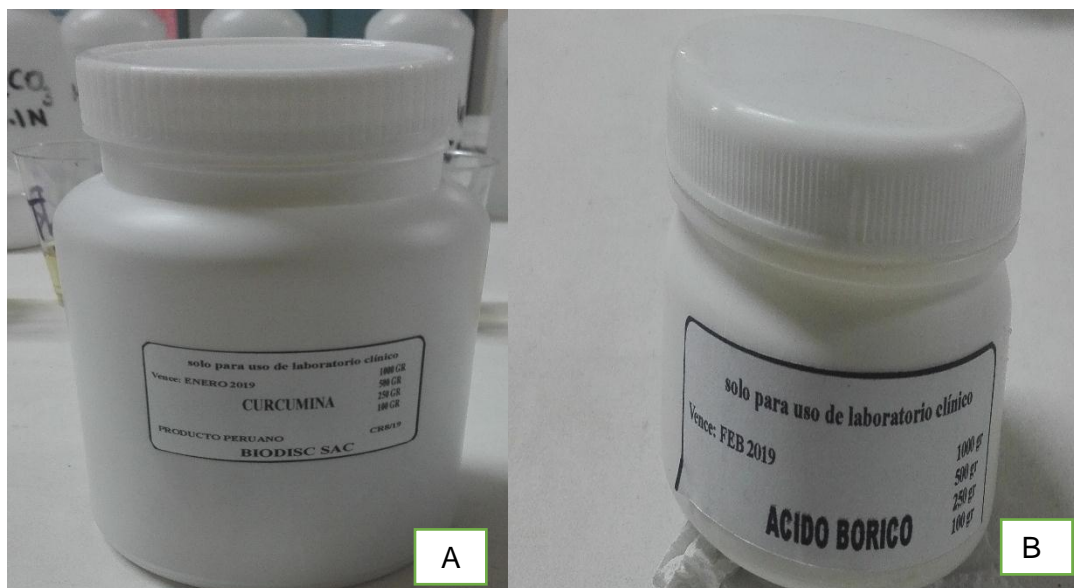
Cuadro 13. Secuencia de la evolución de las perlas de alginato de calcio

MACROALGA	DOSIS (gr)	RPM	TIEMPO (H)
<b><i>Macrocystis integrifolia</i> Bory</b>	6.5	50	24h
	10.5		48h
	15.5		72h
<b><i>Lessonia Trabeculata</i> Villouta &amp; Santelices</b>	6.5	50	24h
	10.5		48h
	15.5		72h

## DETERMNACION DEL BORO POR ESPECTOFOTOMETRIA UV-VISIBLE

### Reactivos

- A. Curcumina
- B. Acido oxálico
- C. Etanol al 96 %
- D. Agua doblemente destilada

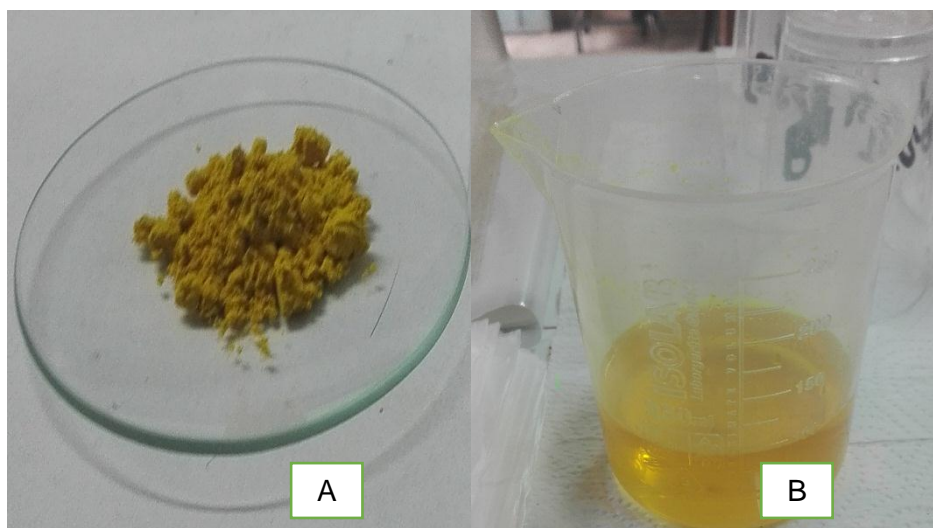


Fuente: elaboración propia, 2017

Figura 16. Gelificación del alginato de sodio en forma esférica  
Curcumina (A), ácido bórico (B).

### Preparación de los reactivos

Elaboración del reactivo Curcumina - Acido Oxálico: Se pesa 0.04 g de Curcumina y 5 g de ácido Oxálico en 100 ml de etanol al 96 %.



Fuente: elaboración propia, 2017

Figura 17. Reactivo de curcumina- ácido oxálico  
Curcumina (A), Reactivo (B).

### Preparación de la solución estándar

#### Solución patrón

Pesar 0.572 g de ácido bórico ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ ) y disolver con agua doblemente desionizada para luego completar el volumen a 1L con agua desionizada y mantenerla en vasos plásticos de polipropileno, esta solución contiene 100 ppm de B.



Fuente: elaboración propia, 2017

Figura 18. Solución patrón 100 ppm

### **Solución patrón de trabajo.**

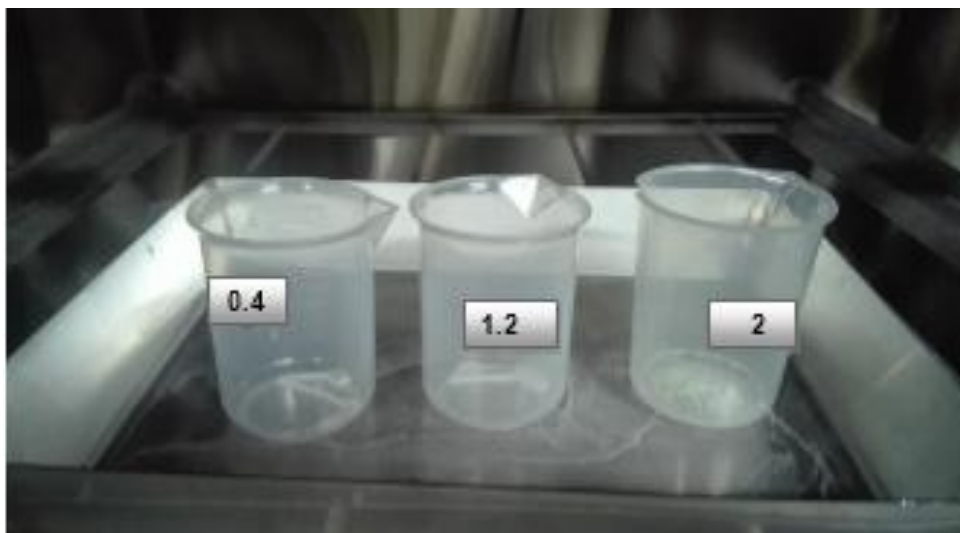
Se toma 10 ml de la solución patrón inicial y se enraza en una fiola a 100 ml obteniendo una concentración de 10 ppm de B. Se toman alícuotas de 2, 6, 10 ml de la solución de 10 ppm y se enraza en balones de 50 ml con agua doblemente desionizada obteniendo las siguientes concentraciones ver cuadro 13 y Evaporar en una estufa a 55 °C por 4 horas aproximadamente, enfriar el vaso que contiene el residuo seco y adicionar 25 ml de etanol al 96 % y llevar el color a un espectrofotómetro UV- visible a 540 nm.

Cuadro 14. Solución patrón de trabajo en ppm

<b>Volumen/ ml</b>	<b>Concentración en ppm</b>
2	0.4
6	1.2
10	2







Fuente: elaboración propia, 2017

Figura 19. Revelado del Boro- Constante (k)

### **Preparación de las muestras tratadas con las perlas de alginato de calcio**

#### **Procedimiento**

1. Pesar 20ml de muestra contaminado con Boro
2. Pesar vaso más contenido y colocarlo sobre la manta calefactora y dejar hervir. Iniciado el primer hervor esperar 5 minutos y retirar el vaso.
3. Pesar el vaso más el contenido y reponer el agua perdida por evaporación. Dejar enfriar.
4. Filtrar la muestra recibiendo el extracto en vasos plásticos de polietileno.
5. Tomar 1 ml del filtrado en un vaso plástico de 250 ml, adicionar 4 ml de solución curcumina - ácido-oxálico.
6. Evaporar en una estufa a 55 °C por 4 horas aproximadamente. Enfriar
7. Enfriar el vaso que contiene el residuo seco y adicionar 25 ml de etanol al 96%
8. Agitar, filtrar y llevar el color a un espectrofotómetro UV- visible a 540 nm.



Fuente: elaboración propia, 2017

Figura 20. Metodología del revelado de boro de las dos macroalgas a dosis distintas.



Fuente: elaboración propia, 2017

Figura 21. Revelado del Boro para ser leído en un espectrofotómetro UV-visible a 540 nm.



## Resultados de la lectura en el espectrofotómetro UV- Visible

### Formulas asociadas:

$$A = -\log T/100$$

$$K = \frac{A}{C}$$

$$C = \frac{A}{K}$$

DONDE:

A= Absorbancia

T= Transmisión

K= Constantes

C= Concentración en ppm

- Solución estándar**

Cuadro 15. Cuadro de la obtención de la constante K

C. ESTÁNDAR	%T	A	K
C1= 0.4 PPM	97.1	0.0127	0.0319
C2= 1.2 PPM	91.5	0.385	0.0321
C3= 2 PPM	86.5	0.629	0.0314
<b>Promedio del K= 0.0318</b>			

Fuente: elaboración propia

- Muestras tratadas con perlas de alginato de calcio**

a. Perlas de alginato de calcio obtenidas de la macroalga *Macrocystis integrifolia* Bory.

Cuadro 16. Concentración final del Boro en ppm

DOSIS	TIEMPO (Horas)	% T	A	K	C (ppm)
6.5	24h	60.8	0.216	0.0318	6.79
10.5	48h	73.4	0.1343	0.0318	4.22
15.5	72 h	75	0.1249	0.0318	3.92

Fuente: elaboración propia

b. Perlas de alginato de calcio obtenidas de la macroalgas *Lessonia Trabeculata* Villouta & Santelices.

Cuadro 17. Concentración final del Boro en ppm

DOSIS	TIEMPO	% T	A	K	C (ppm)
-------	--------	-----	---	---	---------





	(Horas)				
6.5	24h	60.8	0.216	0.0318	6.7
10.5	48h	67.4	0.1713	0.0318	5.38
15.5	72 h	73.1	0.136	0.0318	4.27

Fuente: elaboración propia

### Equipos y materiales utilizados

Los equipos y materiales utilizados en la presente investigación son:

Cuadro 18. Equipos utilizados en la investigación.

BALANZA ANALITICA	HORNO
	
<b>Marca: sartorius</b> <b>Modelo: BS221S</b>	<b>Marca: EDIBE</b>
TURBIDIMETRO	PEACHIMETRO
	
<b>Marca: TDSTestr 3 TM</b>	<b>Marca: TDSTestr 3 TM</b>
AGITADOR MAGNETICO	ESTUFA



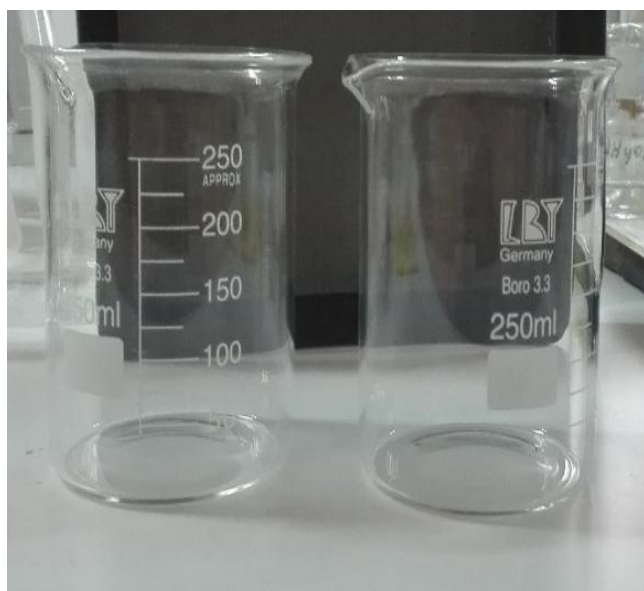
**MARCA: TRUMPER**

**VASO PRESIPITADO**



**MARCA : EDISA**

**MATRAZ KITAZATO**



**EMBUDO BUCHNER**



**PROPIPETA**



**MORTERO**



**TERMOMETRO**



**ESPECTOFOTOMETRO UV-VISIBLE**



**VASOS DE PLASTICO**



**Validez**

La recolección de datos será directa y se recopilarán directamente en el campo directamente de forma directa, utilizando formatos y fichas v, diseñadas por el investigador y validados por un juicio de expertos, así mismo se utilizarán valores máximos permisibles (VMA) D.S N° 015-2015-MINAM.

Los formatos validados por tres ingenieros expertos se muestran en anexos y están descritos a continuación.

- **Formato 1:** La Ficha con parámetros fisicoquímicos de la muestra de agua que registra los datos antes del tratamiento.
- **Formato 2:** Ficha de registro la obtención del alginato a partir de las macroalgas de la costa peruana.
- **Formato 3:** La ficha de Registro de la obtención de las perlas de alginato de calcio de las macroalgas de la costa peruana.
- **Formato4:** Ficha de parámetros fisicoquímicos obtenidos después de la aplicación de las perlas de alginato de calcio obtenidos en laboratorio.

### **Confiabilidad**

Las muestras de agua fueron tomadas en el río Ite en la provincia de Ilo departamento de Moquegua en el punto establecido (coordenadas UTM 19K 0290518E/8018858N9. Estas muestras fueron conducidas en un cooler al departamento de Lima y fueron conservadas para su posterior análisis y tratamiento.

Los análisis fisicoquímicos iniciales para determinar la concentración de Boro en el agua del río Ite, fueron realizados en el Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes de la UNALM y se muestra según el protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales. Los parámetros analizados fueron:

- pH en agua, utilizando EPA Method 150.1 Revised March 1983.
- Temperatura en Agua, utilizando EPA Method 170.1 Revised March 1983

Los resultados obtenidos serán utilizados para calcular la eficiencia de

remoción de boro en agua de río para uso agrícola según la técnica de adsorción. Para determinar la dosis óptima de perlas de alginato de calcio de cada macroalga se utilizara el ensayo de prueba de jarras (Jar Test), el cual es empleado para determinar la absorción de boro a través de las perlas de alginato de calcio en relación a la velocidad (rpm) y el tiempo (días).

Los resultados se evaluarán tomando en cuenta el porcentaje de remoción y la dosis aplicada.

## **2.5 Métodos de análisis de datos**

El método de análisis es descriptivo y pre experimental, ya que se estudió la variable independiente y su comportamiento sobre la variable dependiente. Los datos obtenidos se han procesado utilizando la prueba de hipótesis a través de la estadística no paramétrica: prueba de chi-cuadrado.

El software SPSS V.20 ha servido como herramienta para procesar los datos recolectados.

## **2.6 Aspectos éticos**

Los estudios serán realizados en un laboratorio acreditado, donde los resultados de la presente investigación serán inéditos y formaran parte de los ensayos, análisis y la evolución desarrollados en esta investigación. Es por ello que se calculó una muestra en base a esta disposición la cual se va a dividir en tres repeticiones, esto de acuerdo a cada macroalga y de acuerdo a la dosis en perlas de alginato de calcio para la adsorción del boro y se enviarán a un laboratorio certificado para medir la concentración de boro final.

Esta investigación no ha alterado ni puesto en riesgo el área de estudio, ya que la investigación se llevó a cabo a condiciones de laboratorio; y los resultados finales de Boro fueron realizados en la FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERA Y METALURGICA, en el laboratorio de espectrometría.

### III. RESULTADOS

#### 3.1. Población y muestra

##### Población

La población está determinada por el caudal del río Ite, coordenadas S 17° 57.466" W 70° 57.034" del Distrito de Ite departamento de Moquegua, Periodo 2017.

##### Muestras

Un volumen de 7 litros de agua para la medición del pH, temperatura y Boro en el tratamiento.

#### 3.2 Prueba de Jarras

##### METODO1: Determinación de la dosis óptima

De acuerdo a las pruebas de jarras con diferentes dosis de perlas de alginato de calcio de la macroalga *Macrocystis integrifolia* Bory se determina lo siguiente:

Cuadro 19. Determinación de la dosis

MÉTODO	REPLICA	CÓDIGO	DOSIS ÓPTIMA gr	VOLUMEN
PERLAS DE ALGINATO DE CALCIO	1	MIB	6.5	200ml
	2	MIB	10.5	200ml
	3	MIB	15.5	200ml

Fuente: Elaboración propia, 2017

##### METODO 2: Determinación de dosis optima

De acuerdo a las pruebas de jarras con diferentes dosis de perlas de alginato de Calcio de la macroalga *Lessonia Trabeculata* Villouta & Santelices se determina lo siguiente:

Cuadro 20. Determinación de la dosis

METODO	REPLICA	CODIGO	DOSIS OPTIMA gr	VOLUMEN
PERLAS DE ALGINATO DE CALCIO	1	LTVS	6.5	200ml
	2	LTVS	10.5	200ml
	3	LTVS	15.5	200ml

Fuente: Elaboración propia, 2017

Las muestras fueron rotuladas y enviadas al laboratorio de espectrofotometría en la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica. Para que sean leídas por el espectrofotómetro visible brindando el % de Transmitancia.

Cuadro 21. Muestras enviadas al laboratorio

MUESTRA	REPLICA	CODIGO	N° MUESTRA
PERLAS DE ALGINATO DE CALCIO (A1)	1	MIF	1
	2	MIF	1
	3	MIF	1
PERLAS DE ALGINATO DE CALCIO(A2)	1	LTVS	1
	2	LTVS	1
	3	LTVS	1
TOTAL DE MUESTRAS			6

Fuente: Elaboración propia, 2017

Se analizaron las 6 muestras al laboratorio de Instituto de ingeniería y medio ambiente (UNI) determinado la concentración de Boro.

### 3.3 Resultado del laboratorio

El resumen de los resultados de los análisis realizados en el laboratorio se muestra en el cuadro N° 18. (Ver reporte de análisis de laboratorio).

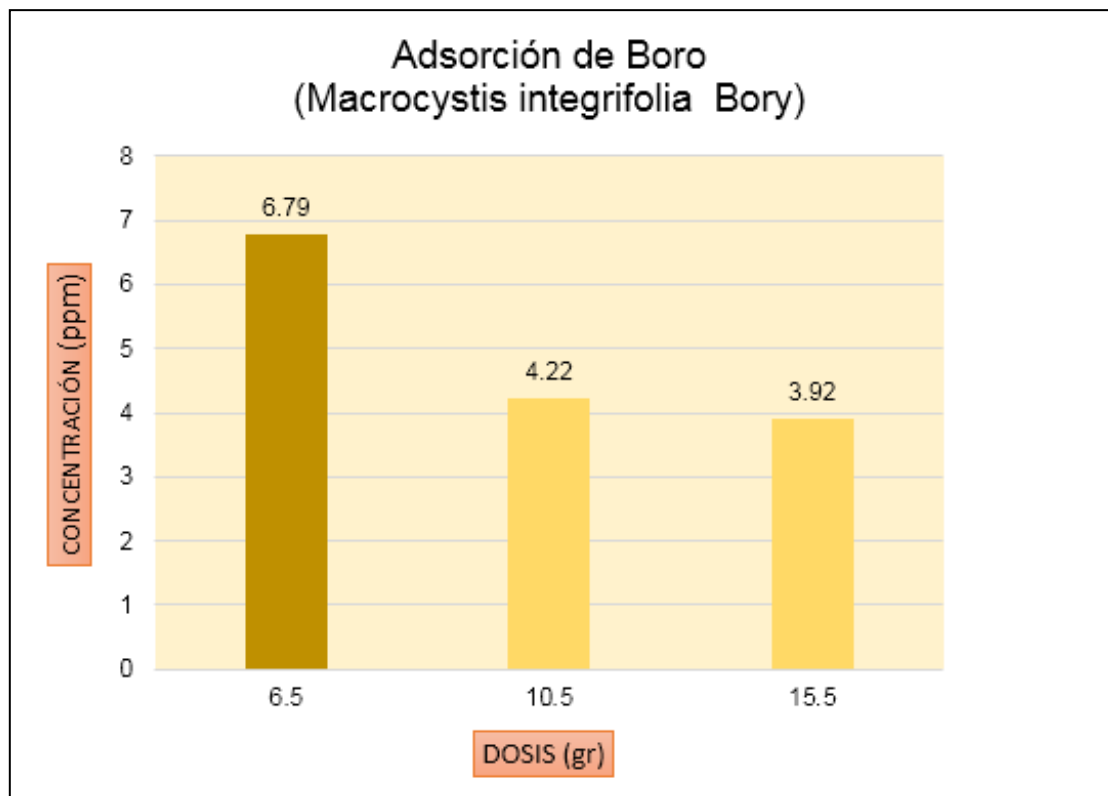


Cuadro 22. Resumen del análisis de laboratorio

ítem	contaminante de control	unidad	Perlas de alginato de calcio			Perlas de alginato de calcio		
			Macrocystis integrifolia Bory			Lessonia Trabeculata Villouta & Santelices		
			Tiempo	pH	Concentración (ppm)	Tiempo	pH	Concentración (ppm)
1	Boro	ppm	24h	8.5	6.79	24h	8.5	6.70
2	Boro	ppm	48h	8.5	4.22	48h	8.5	5.38
3	Boro	ppm	72h	8.5	3.92	72h	8.5	4.27

Fuente: Elaboración propia, 2017

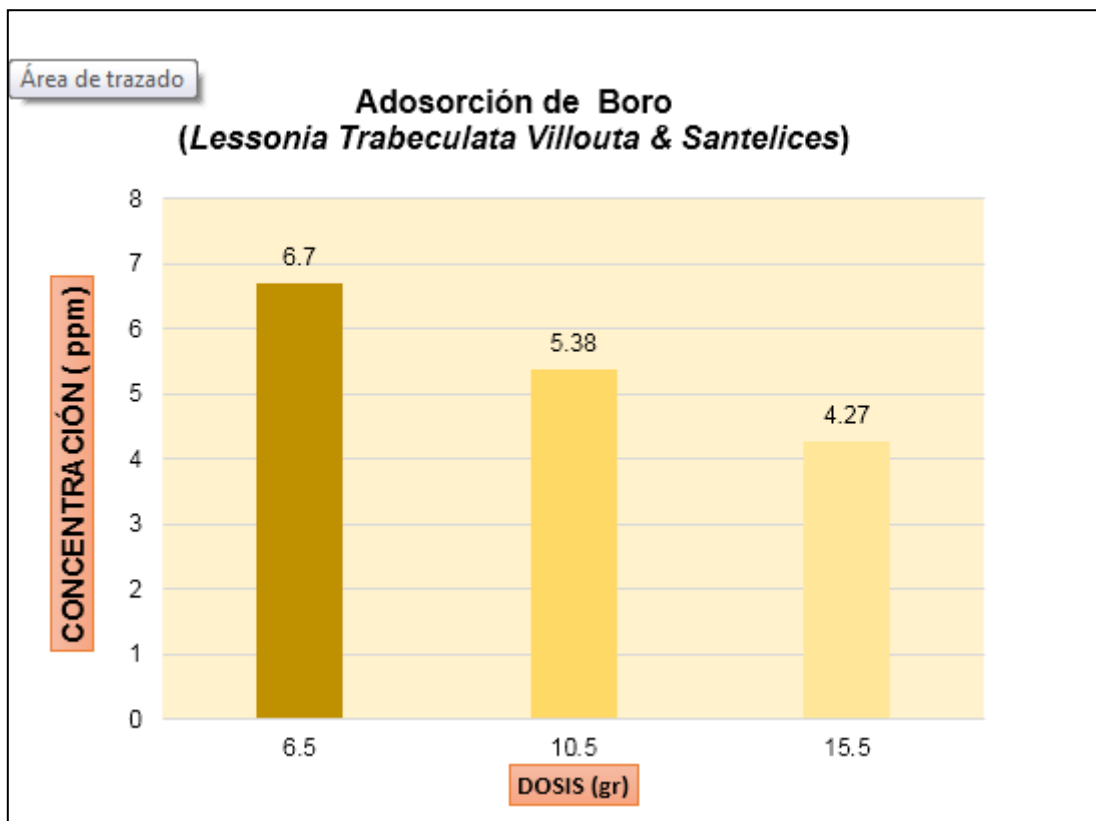
### 3.4 Interpretación de resultados



Fuente: elaboración propia, 2017

Gráfico 1. Adsorción de la concentración de boro

Como se muestra en el gráfico 1, la mejor adsorción de boro fue de 3.92 ppm esto se obtuvo con una dosis de 15.5 gr de perlas de alginato de calcio.



Fuente: elaboración propia, 2017

Grafico 2. Adsorción de concentración de boro

Como se muestra en el gráfico 2, la mejor adsorción de Boro fue de 4.27 ppm esto se obtuvo con una dosis de 15.5 gr de perlas de alginato de calcio.

### 3.5 Análisis estadísticos

Se realizaron análisis estadísticos para un factor con dos (02) tratamientos con la finalidad de evaluar las medias de cada tratamiento y determinar la mejor metodología para cada variable dependiente (concentración del Boro), no obstante es necesario realizar análisis previos (Supuestos) para determinar el tipo de prueba a realizar (Paramétrica y no paramétrica).

#### DISEÑO DE UN FACTOR.

1. **Determinación de la dosis óptima de perlas de alginato de calcio de la macroalga *Macrocystis Integrifolia Bory***

2.

**a) Prueba de Chi Cuadrado**

H<sub>0</sub>: la dosis de perlas de alginato de calcio no influye en la reducción de la concentración de boro.

H<sub>1</sub>: la dosis de perlas de alginato de calcio influye en la reducción de la concentración de boro.

**Nivel de significación:**

$\alpha = 0.05$

**Resultados:**

Tabla 6. Estadístico de prueba de Chi Cuadrado

Estadísticos de prueba		
	DOSIS	CONCENTRACIÓN
Chi-cuadrado	,000 <sup>a</sup>	,000 <sup>a</sup>
gl	2	2
Sig. asintótica	1,000	1,000

a. 3 casillas (100,0%) han esperado frecuencias menores que 5.

La frecuencia mínima de casilla esperada es 1,0.

**Decisión y Conclusión:**

Sig. = 1,000 > 0.05; entonces se rechaza la hipótesis nula, por lo tanto existe relación entre la dosis y la concentración, donde a mayor dosis de perlas de alginato de calcio la concentración del Boro es menor.

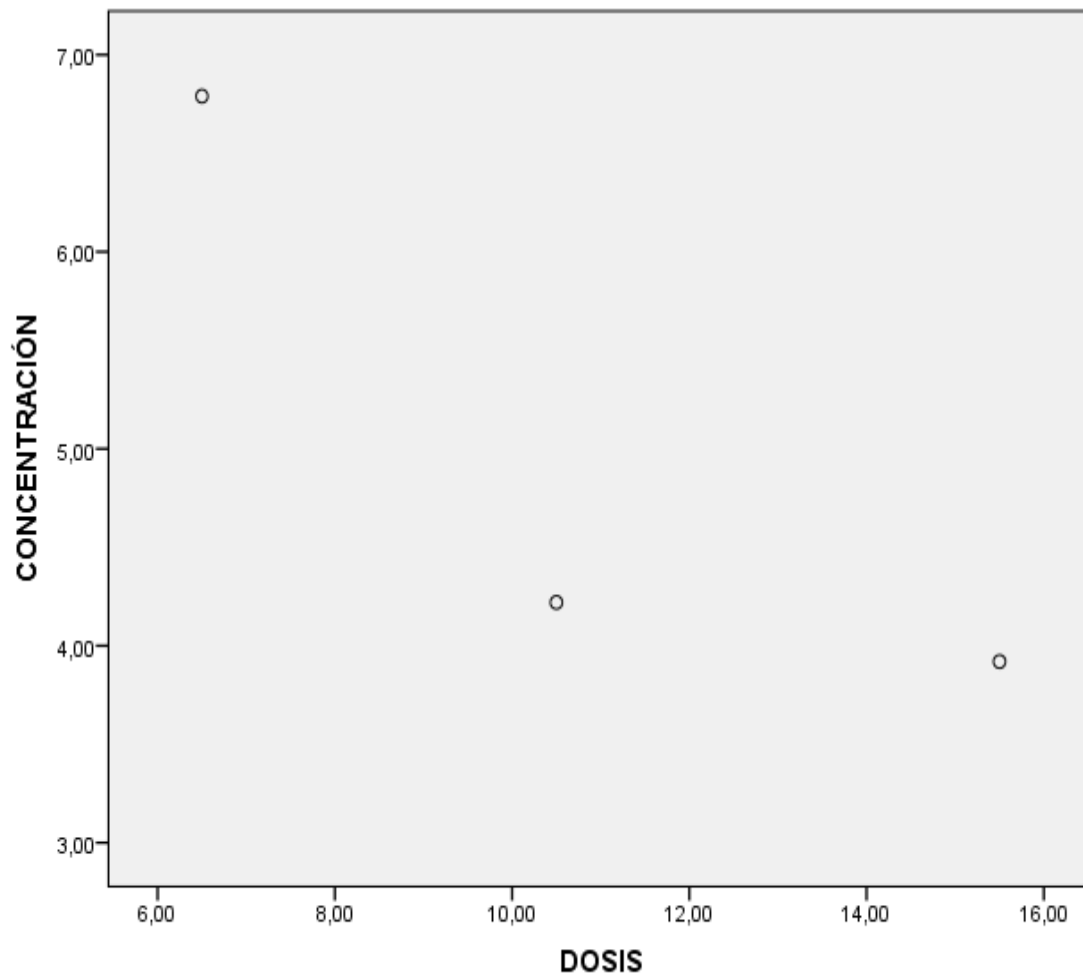


Grafico 3. Prueba de determinación Concentración- Dosis

**a) Prueba de Regresión Lineal**

Ho: Existe relación entre la dosis y la concentración

H1: No existe relación entre la dosis y la concentración

**Nivel de significación:**

$\alpha = 0.05$

**Resultados:**

Tabla 7. Estadístico Descriptivo

	Media	Desviación estándar	N
CONCENTRACIÓN	4,9767	1,57754	3
DOSIS	10,8333	4,50925	3

Tabla 8. Estadísticas de Residuo

	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar	N
Valor pronosticado	3,5380	6,3125	4,9767	1,39011	3
Residuo	-,85943	,47746	,00000	,74581	3
Valor pronosticado estándar	-1,035	,961	,000	1,000	3
Residuo estándar	-,815	,453	,000	,707	3

a. Variable dependiente: CONCENTRACIÓN

Tabla 9. Anova<sup>a</sup>

Modelo	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1 Regresión	3,865	1	3,865	3,474	,313 <sup>b</sup>
Residuo	1,112	1	1,112		
Total	4,977	2			

a. Variable dependiente: CONCENTRACIÓN

b. Predictores: (Constante), DOSIS

### Decisión y Conclusión:

Sig. = 0,313 > 0.05; entonces no se rechaza la hipótesis nula, por lo tanto la reducción de la concentración depende de la dosis.

### 3. Determinación de la dosis óptima de perlas de alginato de calcio de la macroalga *Lessonia Trabeculata* Villouta & Santelices.

#### a) Prueba de Chi Cuadrado

Ho: la dosis de perlas de alginato de calcio no influye en la reducción de la concentración de boro.

H1: la dosis de perlas de alginato de calcio influye en la reducción de la concentración de boro.

#### Nivel de significación:

$\alpha = 0.05$

## Resultados:

Tabla 10: Estadístico de prueba

	DOSIS	CONCENTRACIÓN
Chi-cuadrado	,000 <sup>a</sup>	,000 <sup>a</sup>
gl	2	2
Sig. asintótica	1,000	1,000

a. 3 casillas (100,0%) han esperado frecuencias menores que 5. La frecuencia mínima de casilla esperada es 1,0.

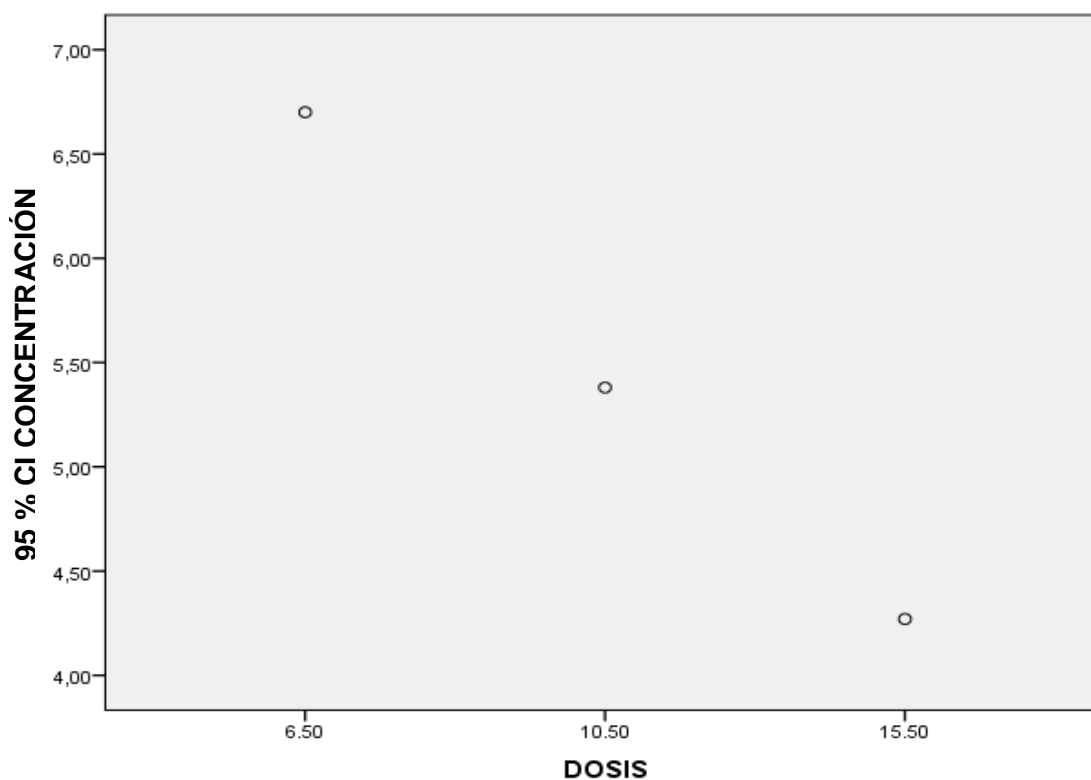


Grafico 4. Prueba de determinación Concentración – Dosis

### Decisión y Conclusión:

Sig. = 1,000 > 0.05; entonces se rechaza la hipótesis nula, por lo tanto existe relación entre la dosis y la concentración, donde a mayor dosis de perlas de alginato de calcio la concentración del Boro es menor.

### b) Prueba de Regresión Lineal

Ho: Existe relación entre la dosis y la concentración

H1: No existe relación entre la dosis y la concentración

**Nivel de significación:** $\alpha = 0.05$ **Resultados:**

Tabla 11. Estadístico descriptivo

	Media	Desviación estándar	N
CONCENTRACION	5,4500	1,21651	3
DOSIS	10,8333	4,50925	3

Tabla 12. Estadístico de residuo<sup>a</sup>

	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar	N
Valor pronosticado	4,1992	6,6115	5,4500	1,20863	3
Residuo	-,15934	,08852	,00000	,13828	3
Valor pronosticado estándar	-1,035	,961	,000	1,000	3
Residuo estándar	-,815	,453	,000	,707	3

a. Variable dependiente: CONCENTRACIÓN

Tabla 13. Estadístico de Anova<sup>a</sup>

	Modelo	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	2,922	1	2,922	76,395	,073 <sup>b</sup>
	Residuo	,038	1	,038		
	Total	2,960	2			

a. Variable dependiente: CONCENTRACIÓN

b. Predictores: (Constante), DOSIS

**Decisión y Conclusión:**

Sig. = 0,073 > 0.05; entonces no se rechaza la hipótesis nula, por lo tanto la reducción de la concentración depende de la dosis.

#### IV. DISCUSION

- ✓ La eficiencia de remoción del Boro se dio a partir de la fabricación de perlas de alginato de calcio a un ph de 8.53, donde ambas macroalgas redujeron favorablemente las concentraciones, con ello se confirma lo mencionado en CASTRO (2012) en su estudio trabajo con perlas de alginato de calcio utilizo el método de azomethine-H mediante análisis con espectrofotometría de absorción molecular concluyendo que el pH ideal es 11 puesto favorece la adsorción, ya que un ph acido se crean gradientes de iones calcio que impiden que el Boro forme esterres. Es por ello que trabajar con ph alcalino favorece la adsorción del Boro.
- ✓ De acuerdo a los resultados obtenidos la macroalga *Macrosystis Integrifolia* Bory muestra una adsorción significativa de Boro en relación a las dosis aplicadas con un 3.92 mg/l de adsorción de Boro, puesto que esta alga posee grandes cantidades de alginato, tal como lo menciona SEIRA (2008) donde la técnica de adsorción a partir de perlas de alginato de calcio obtenidas de estas macroalgas redujo significativamente el boro hasta 200mg de boro a ph básicos en relación a su dosis aplicada.
- ✓ De acuerdo a los resultados obtenidos la macroalga *Macrosystis Integrifolia* Bory fue más eficiente en la adsorción de boro a comparación con la macroalga *Lessonia Trabeculata* & *Santelices*, esto confirma lo que indica Ayarza (2015) que la alga parda *Macrosystis Integrifolia* Bory posee grandes proporciones de alginato en cada una de sus partes del alga ( hoja, tallo, bulbo) con una extracción de 57.8% de alginato, a diferencia de la alga parda que posee alginato en sus hojas ya que el tallo es muy gruesa dificultando la extracción del alginato.



## V. CONCLUSIONES

- ❖ Al comparar la eficiencia de remoción de la macroalga *Macrocystis Integrifolia* Bory de acuerdo a la dosis aplicada y el tiempo de agitación, dio como resultado que a una dosis de 6.5, y tiempo de agitación de 24h, se logró reducir 6.79 ppm de B, y la macroalga *Lessonia Trabeculata* Villouta & Santelices con la misma dosis y el tiempo de agitación redujo un 6.70 ppm de B, concluyendo así que ambas macroalgas redujeron significativamente el Boro pero la macroalga *Macrocystis Integrifolia* Bory fue más eficiente.
- ❖ Al comparar la eficiencia de remoción de la macroalga *Macrocystis Integrifolia* Bory de acuerdo a la dosis aplicada y el tiempo de agitación, dio como resultado que a una dosis de 10.5 y tiempo de agitación de 48h se logró reducir 4.22 ppm de B, y la macroalga *Lessonia Trabeculata* Villouta & Santelices con la misma dosis y el tiempo de agitación redujo un 5.38 ppm de B, concluyendo así la eficiencia de reducción de la macroalga *Macrocystis Integrifolia* Bory.
- ❖ Al comparar la eficiencia de remoción de la macroalga *Macrocystis Integrifolia* Bory de acuerdo a la dosis aplicada y el tiempo de agitación, dio como resultado que a una dosis de 15.5 y tiempo de agitación de 72h se logró reducir 3.92 ppm de B, y la macroalga *Lessonia Trabeculata* Villouta & Santelices con la misma dosis y el tiempo de agitación redujo un 4.27 ppm de B, concluyendo así la eficiencia de reducción de la macroalga *Macrocystis Integrifolia* Bory.
- ❖ De acuerdo a la concentración inicial de Boro encontrada en el río Ite de 9.35 ppm se aplicó la técnica de adsorción de boro con perlas de alginato de calcio, para llevar la concentración del contaminante al ECA establecido para aguas CATEGORIA 3 - para uso agrícola con un ECA de 1 mg/l, donde se usó dos tipos de macroalgas y se comparó la eficiencia en la adsorción de boro, concluyendo que ambas algas adsorben boro en relación a la dosis y tiempo de agitación, donde se

obtuvo que a dosis de 15.5 y tiempo de 72h se redujo 3,92 ppm de B Y 4.27 ppm de boro, pero no se logró reducir la concentración del Boro al ECA establecido.

- ❖ Al comparar la eficiencia de la macroalga *Macrocystis integrifolia* Bory con *Lessonia Trabeculata* Villouta & Santelices se determinó que las perlas de alginato de calcio obtenidas de la macroalga *Macrocystis integrifolia* Bory en relación a las dosis y tiempo de agitación su adsorción fue significativo en diferencia de las perlas de alginato de calcio de la macroalga *Lessonia Trabeculata* Villouta & Santelices.
- ❖ De acuerdo a la evaluación de las perlas de alginato de calcio, se puede determinar que es posible el uso de las dos macroalgas para la remoción de boro, ya que en los ensayos de prueba de jarras y análisis de laboratorio por espectrofotometría UV-visible se determinó que ambos resultados fueron satisfactorios en la adsorción de boro a través de perlas de alginato de calcio.

## VI. RECOMENDACIONES

- ❖ Para obtener mejores resultados en la adsorción de Boro es necesario trabajar con pH alcalino, puesto que a pH ácido no ocurre un intercambio iónico y no hay formación de esteres, es por ello que es ideal trabajar aun un pH 11.
- ❖ Se debe analizar más parámetros fisicoquímicos como el pH, turbidez y DQO, y determinar si las perlas de alginato de calcio influyen en la reducción de estos.
- ❖ Se debe lavar las macroalgas un día antes para facilitar el secado en el horno, así también se debe realizar el secado en papel, puesto que este material no va a permitir que se peguen y facilitara la perdida de humedad de las macroalgas.
- ❖ Se debe dejar hidratando el alga por dos horas con el ácido clorhídrico (HCl), esto facilitara el proceso de obtención de perlas de alginato de calcio. Y se debe trabajar en una relación molar de 1 M, tanto para el ácido clorhídrico como para el hidróxido de sodio.
- ❖ Secar las macroalgas trabajar al instante, esto debido a que se observó que estas macroalgas son hidrofóbicas, ya que absorben la humedad del ambiente, dificultando la trituration del alga.
- ❖ Considerar los datos obtenidos para futuras investigaciones sobre la implementación de un sistema de tratamiento usando polímeros naturales como una solución a la problemática que enfrenta el distrito de Ite.

## VII. BIBLIOGRAFÍA

Arvizu, Dora [et al]. Parámetros que afectan la conversión del ácido algínico en alginato de sodio [en línea]. Universidad Autónoma de Baja California, México, 2001, 27p. [Fecha de consulta: 27 de octubre 2016].

Disponible en:

<http://www.redalyc.org/pdf/480/48028103.pdf>

AYARZA, Jorge. Evaluación y caracterización de alginato de sodio procedente del alga parda *Macrocystis* sp. Trabajo de titulación (Licenciado en Química). Lima, Universidad Católica del Perú, 2015. 18 p. [Fecha de consulta: 29 de octubre 2016].

Disponible en:

<http://repositorio.pucp.edu.pe/index/handle/123456789/6/browse?type=author&value=Ayarza+Le%C3%B3n+Jorge+Luis>

AYARZA, J. Los Alginatos: 2000 usos de las algas submarinas. Revista de Química PUCP, 2014, vol. 28, N° 1-2. pp. 20. [Fecha de consulta: 27 de noviembre de 2016].

Disponible en:

<http://revistas.pucp.edu.pe/index.php/quimica/article/viewFile/10413/10863>

BINGHAN F.T, Karen R. Boro in water, soil and plants. Advances in soil science [en línea]. Vol.1.1985. pp 230- 276. Fecha de consulta: 14 de diciembre 2016]

Disponible en:

[https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=pEnxBwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA229&dq=.+BORO+IN+WATER+,+SOIL+AND+PLANTS&ots=MO0ipygmMQ&sig=WTnlqWuu5BLmK6SvckL\\_0kjedMY#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=pEnxBwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA229&dq=.+BORO+IN+WATER+,+SOIL+AND+PLANTS&ots=MO0ipygmMQ&sig=WTnlqWuu5BLmK6SvckL_0kjedMY#v=onepage&q&f=false)

ISBN: 0176-9340

CASTRO, S. Adsorción de boro en continuo mediante perlas de alginato y alginato con óxido de magnesio. Universidad politécnica de Catalunya, Departamento de Ingeniería Química. 2012. [Fecha de consulta: 12 de octubre 2016].

Disponible en:

<https://core.ac.uk/download/pdf/41794925.pdf>

CUIZANO, N, [et al]. Equilibrio ácido base de las algas del litoral Peruano elucida su alta afinidad por contaminantes ambientales. 2007. [En línea]. Lima, Perú. [Fecha de consulta: 8 de noviembre 2016].

Disponible en:

<http://www.scielo.org.pe/pdf/rsqp/v73n2/a03v73n2.pdf>

COSTA, J, [et al]. Curso de ingeniería Química: Introducción a los procesos, las operaciones unitarias y los fenómenos de transporte. [En línea]. Barcelona. 2004. [Fecha de consulta: 29 de octubre 2016].

Disponible en:

[https://books.google.com.pe/books?id=XZNYpvnO\\_V8C&pg=PA51&lpg=PA51&dq=Consiste+en+la+eliminación+de+algunos+componentes+de+una+fase+fluida+mediante+un+sólido+que+lo+retiene,+si+la+fase+fluida+es+un+líquido+la+operación+se+denomina+a+veces+percolación,+como+la+operación+extracción+sólido-líquido.+Es+un+fenómeno+de+superficie.+Los+procesos+de+adsorción+se+complementa+con+una+etapa+de+desorción.+la+adsorción+no+se+debe+confundir+con+la+absorción+,+que+es+la+retención+de+una+sustancia+molecular+en+estado+líquido+o+gaseos&source=bl&ots=Tu-CjzOPGc&sig=2NPExa6ql8HjAQLuyoADV-P2ou0&hl=qu&sa=X&redir\\_esc=y#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.pe/books?id=XZNYpvnO_V8C&pg=PA51&lpg=PA51&dq=Consiste+en+la+eliminación+de+algunos+componentes+de+una+fase+fluida+mediante+un+sólido+que+lo+retiene,+si+la+fase+fluida+es+un+líquido+la+operación+se+denomina+a+veces+percolación,+como+la+operación+extracción+sólido-líquido.+Es+un+fenómeno+de+superficie.+Los+procesos+de+adsorción+se+complementa+con+una+etapa+de+desorción.+la+adsorción+no+se+debe+confundir+con+la+absorción+,+que+es+la+retención+de+una+sustancia+molecular+en+estado+líquido+o+gaseos&source=bl&ots=Tu-CjzOPGc&sig=2NPExa6ql8HjAQLuyoADV-P2ou0&hl=qu&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false)

ISBN: 8429171266

DEMEY [et al]. Absorción de boro por medios de gel de alginato de calcio. 2013 [Fecha de consulta: 14 de octubre 2016].

Disponible en:

<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/8015/Memòria.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Decreto Supremo N° 015-2015 MINAM. El Peruano, Lima, Perú, 19 de diciembre de 2015.

ERÓSTEGUI, C. Contaminación por metales pesados. Revista Científica Ciencia Médica SCEM. [En línea]. Volumen 12, N° 1. 2009. pp. 45-46. [Fecha de consulta: 27 de septiembre 2016].

Disponible en:

[http://www.scielo.org.bo/pdf/rccm/v12n1/v12n1\\_a13.pdf](http://www.scielo.org.bo/pdf/rccm/v12n1/v12n1_a13.pdf)

FRANCOIS, J. Gestión Integrada de los recursos hídricos: nuevas orientaciones para preparar el futuro. 2012. [Fecha de consulta: 27 de octubre 2016].

Disponible en:

<http://www.solidaritat.ub.edu/observatori/esp/itinerarios/agua/agua.htm>

Irrigation Water Quality Standards and Salinity Management Strategies, Texas Agricultural Extensión Service, the Texas A&M University System, 1996. pp 16. [Fecha de consulta: 14 de octubre 2016].

Disponible en:

[https://oaktrust.library.tamu.edu/bitstream/handle/1969.1/87829/pdf\\_94.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://oaktrust.library.tamu.edu/bitstream/handle/1969.1/87829/pdf_94.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Informe del instituto nacional de toxicología. [En línea].4 pp. [Fecha de consulta: 8 de noviembre 2016].

Disponible en:

<https://www.greenfacts.org/es/boro/boro-greenfacts.pdf>

Instituto del Mar del Perú (IMARPE). Estudios sobre macroalgas pardas en el sur del Perú 2011-2015. pp11. [Fecha de consulta: 15 de noviembre 2016].

Disponible en:

<http://biblioimarpe.imarpe.gob.pe:8080/bitstream/handle/123456789/2178/INF%20EXT.%20I.pdf?sequence=1>

LUPO, Bryshila [et al]. Microencapsulamiento con alginato en alimentos. Técnica y aplicaciones [en línea]. Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos. 3(1). España, Cataluya, 2012. 130-151 pp. [Fecha de consulta:

27 de octubre 2016].

Disponible en:

[http://sgpwe.izt.uam.mx/files/users/uami/acym/alginatos\\_en\\_alimetnos.pdf](http://sgpwe.izt.uam.mx/files/users/uami/acym/alginatos_en_alimetnos.pdf)

OLIVEIRA, J. Estudio de la biosorción de cobre Cu (II) por perlas de Alginato de Calcio. Tesis. Lima: Universidad Mayor de San Marcos facultad de química e ingeniería química. 2003. [Fecha de consulta: 14 de octubre 2014].

Disponible en:

[http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/cybertesis/3134/1/Oliveira\\_mj.pdf](http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/cybertesis/3134/1/Oliveira_mj.pdf)

PULIDO, A, [et al]. Los acuíferos costeros: retos y soluciones [En línea]. Madrid, España. 2007. pp. 525. [Fecha de consulta: 14 de noviembre 2016]

Disponible en:

[https://books.google.com.pe/books?id=QUNVnOhl09wC&pg=PA525&dq=el+boro+en+el+agua&hl=qu&sa=X&redir\\_esc=y#v=onepage&q=el%20boro%20en%20el%20agua&f=false](https://books.google.com.pe/books?id=QUNVnOhl09wC&pg=PA525&dq=el+boro+en+el+agua&hl=qu&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=el%20boro%20en%20el%20agua&f=false)

ISBN: 978-84-7840-711-8

RAYMOND, S. & Charles, C. Introducción a la química de los polímeros. 2002. [en línea]. España. [Fecha de consulta: 29 de octubre 2016].

Disponible en:

[https://books.google.com.pe/books?id=FOobaAs4Wp4C&pg=PA181&dq=polimeros+naturales&hl=qu&sa=X&redir\\_esc=y#v=onepage&q=polimeros%20naturales&f=false](https://books.google.com.pe/books?id=FOobaAs4Wp4C&pg=PA181&dq=polimeros+naturales&hl=qu&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=polimeros%20naturales&f=false)

ISBN: 84 291 7926 7

RAVELO, Adsorción de boro en agua. Tesis. España Universidad Politécnica de Catalunya, Facultad de Ingeniería técnica industrial. 2012. [Fecha de consulta: 12 de octubre 2016].

Disponible en:

<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/16358/Memòria.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

RUIZ. [et al]. Sorption of boron on calcium alginate gel beads. pp. 54-57. 2013.

[Fecha de consulta: 27 de septiembre 2016].

Disponible en:

[https://www.researchgate.net/publication/257559828\\_Sorption\\_of\\_boron\\_calcium\\_alginate\\_gel\\_beads](https://www.researchgate.net/publication/257559828_Sorption_of_boron_calcium_alginate_gel_beads)

SEIRA, J. Adsorción de boro mediante perlas de alginato. Universidad politécnica de Catalunya, Departamento de Ingeniería Química. 2008. [Fecha de consulta: 3 de noviembre 2016].

Disponible en:

<http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/5529/Memòria.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

THENARD, L.F. Tratado de Química: El boro. [En línea]. Madrid. 2005. pp.182-183. [Fecha de consulta: 28 de octubre 2016].

Disponible en:

[https://books.google.com.pe/books?id=5bhMQpmXpoEC&pg=PA181&dq=QUIMICA+BORO&hl=qu&sa=X&redir\\_esc=y#v=onepage&q=QUIMICA%20BORO&f=false](https://books.google.com.pe/books?id=5bhMQpmXpoEC&pg=PA181&dq=QUIMICA+BORO&hl=qu&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=QUIMICA%20BORO&f=false)

ISBN: 5300787411

YABUR, R. [et al]. Alginate from the macroalgae *Sargassum sinicola* as a novel source for microbial immobilization material in wastewater treatment and plant growth promotion. Journal of applied phycology. 2007. pp. 43-53.

Disponible en:

<http://web.udlap.mx/tsia/files/2013/12/TSIA-71-Avendano-Romero-et-al-2013.pdf>




## **ANEXOS**

## Anexo1 formato 1- condiciones iniciales

### OBTENCIÓN DEL ALGINATO

Formato1. Registro de la obtención del alginato a partir de las macroalgas

**OBTENCIÓN DE ALGINATO A PARTIR DE LAS MACROALGAS**



Formato 1. concentración del alginato en gr


Macroalga N° 1		
MACROALGA	Concentración de alginato (gr)	pH
Macrocystis integrifolia Bory		

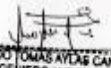
Macroalga N° 2		
Macroalga N° 2	Concentración de alginato (gr)	pH
Lessonia nigrescens Bory		


Macroalga N° 3		
MACROALGA	Concentración de alginato (gr)	pH
Lessonia trabeculata Villouta & Santelices		

Fuente: Elaboración Propia

Lima, 11 de Septiembre de 2016

  
ING. 08947396  
Rita J. Gabello Torres  
CIP 145191

  
ROLANDO TOMAS AYLLAS CANCINO  
INGENIERO AMBIENTAL  
Reg. CIP N° 188612  
DNI: 43468169

  
ING. Efraim Reyes Alfaro  
DNI: 07667289


**Fuente:** Elaboración Propia

## Anexo2. Formato 2- obtención de las perlas de alginato de calcio

### OBTENCIÓN DEL ALGINATO

Formato2. Registro de la obtención de perlas de alginato de calcio en gr.

OBTENCIÓN DE LAS PERLAS DE ALGINATO DE CALCIO



Formato 2: Perlas de alginato de calcio

Macroalga N° 1		
MACROALGA	Tamaño (D) de la perla	% de alginato
Macrocystis integrifolia Bory		


Macroalga N° 2		
MACROALGA	Tamaño (D) de la	% de alginato
Lessonia nigrescens Bory		

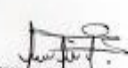
Macroalga N° 3		
MACROALGA	Tamaño (D) de la perla	% de alginato
Lessonia trabeculata Villouta & Santelices		


Fuente: Propia

Nota:  
D: Diámetro de la perla de alginato

Lima, 11 de enero del 2016

  
ING. 08947296  
Rita J. Cabello Torres  
CIP: 145791

  
ROLANDO TOMAS AYALA CANCHO  
INGENIERO AMBIENTAL  
Reg. CIP N° 150862  
DNI: 43468769

  
ING. Elnor Benito Alvarado  
DNI: 07667059

**Fuente:** Elaboración propia

### Anexo 3. Formato 3- condiciones iniciales

#### OBTENCIÓN DEL ALGINATO

Formato3. Registro de las condiciones de los parámetros iniciales del agua del río.

CONDICIONES INICIALES

UCV

Item	Parámetros de control	Unidad	AGUA CONTAMINADA			VMA
			Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	
1	Turbidez	O NTU				**
2	Concentración de boro	V mg/L				0.5
3	pH	O Unidad de pH				6-14
4	Temperatura	O °C				< 35

fuelle: Elaboracion propia

Nota:  
V = Análisis realizado por un laboratorio  
O = Análisis realizado in situ  
Volumen de cada Muestra = 1000 ml  
VMA = Valores Máximos Admisibles - D.S. N° 002-2008-MINAM  
\*\* No existe VMA

Lima 12 de diciembre de 2016

ING: 08947356  
Rita J. Cabell Toms  
CIP 145791

ING: 138862  
ROLANDO TOMAS AYLA C.  
INGENIERO AMBIENTAL  
Reg. CIP N° 138862  
DNI 43467969

ING: 02467259  
Ing. E. Llanos Benítez Alfaro  
DNI: 02467259


Fuente: Elaboración propia

## Anexo4. Formato 4- obtención de las perlas de alginato de calcio

### CONDICIONES FINALES

#### Formato4. Registro de la obtención de la concentración final de boro

**MUESTRA 2**




Formato 3. Registro de los resultados de las muestra final a partir de las macroalgas


Item	Parámetros de control	Unidad	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	% DE REMOCION
1	Turbidez	√ NTU				
2	concentración de boro	√ mg/L				
3	Ph	√ Unidad de pH				
4	temperatura	√ °C				


Fuente: Propia

**Nota:**  
 √ = Análisis realizado por un laboratorio  
 % = Porcentaje de remoción  
 Muestra 1: Perla de alginato de calcio obtenida de *Macrocystis integrifolia* Bory  
 Muestra 2: Perla de alginato de calcio obtenida de *Lessonia nigrescens* Bory  
 Muestra 3: Perla de alginato de calcio obtenida de *Lessonia trabeculat*

Lima, 11 de noviembre de 2016

  
 ING: Rita J. Ceballos  
 DNI: 08947256  
 CIP: 145391

  
 ROLANDO TOMÁS AYLAS CANCHO  
 INGENIERO AMBIENTAL  
 Reg. CIP N° 188882  
 ING: Rolando Tomás Aylas Cancho  
 DNI: 4346 8969

  
 CÉSAR EZEQUIEL ALVARADO  
 REG. CIP: 21498  
 DNI: 57667259

## Anexo5. Formato 5- Resultados iniciales

### Formato5. Resultados iniciales del laboratorio de análisis de suelo, plantas, aguas y fertilizantes. UNALM



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA  
FACULTAD DE AGRONOMIA  
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



#### ANALISIS DE AGUA

SOLICITANTE : DAYHAVILLY MENDOZA GAMARRA  
PROCEDENCIA : MOQUEGUA/ ILO/ ITE  
REFERENCIA : H.R. 58543  
BOLETA : 303

No. Laboratorio	270
No. Campo	RÍO ITE 11-05-2017 12:15 a.m.
pH	8.53
C.E. dS/m	2.52
Calcio meq/L	8.35
Magnesio meq/L	3.52
Potasio meq/L	0.81
Sodio meq/L	13.65
SUMA DE CATIONES	26.33
Nitratos meq/L	0.00
Carbonatos meq/L	0.00
Bicarbonatos meq/L	5.17
Sulfatos meq/L	7.08
Cloruros meq/L	14.20
SUMA DE ANIONES	26.45
Sodio %	51.84
RAS	5.60
Boro ppm	9.35
Clasificación	C4-S2

La Molina, 22 de Mayo del 2017



*Sady García Bendejú*  
Sady García Bendejú  
Jefe del Laboratorio

Av. La Molina s/n Campus UNALM  
Telf.: 614-7800 Anexo 222 Teléfono Directo: 349-5622  
e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe

Anexo6. Formato 6- Resultados finales

**Formato6. Laboratorio de espectrofotometría- Universidad Nacional de Ingeniería**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

**Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica**  
**Laboratorio de Espectrometría**

**ANÁLISIS DE SEIS SOLUCIONES**

**APOYO A TESIS : DAYHAVILLY MENDOZA GAMARRA**

**PROCEDENCIA DE MUESTRAS : RIO ITE-ILO- MOQUEGUA**

**RECEPCIÓN DE MUESTRAS : Lima , 07 de Julio del 2017**

**RESULTADO DEL ANÁLISIS DE AGUA TRATADA CON**  
***Lacrosystis integrifolia bory***

Muestra	Tiempo (h)	B (mg/L)
MA 1	24	6.79
MA 2	48	4.22
MA 3	72	3.92

**RESULTADO DEL ANÁLISIS DE AGUA TRATADA CON**  
***Lessonia trabeculata villouta& santelices***

Muestra	Tiempo (h)	B (mg/L)
MA 1	24	6.70
MA 2	48	5.38
MA 3	72	4.27

Lima, 10 de Julio del 2017

  
**MSc. Atilio Mendoza**  
**Jefe Lab. Espectrometría**



Av. Túpac Amaru 210, Lima 25, Perú  
Central Telefónica: 4811070-Anexo: 4245/Teléf.: (511) 4824427  
Email: labespectro@uni.edu.pe

## Anexo 7. Matriz de Consistencia

OPERACIONALIZACION DE VARIABLES								
PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
¿Son eficientes las perlas de alginato de calcio obtenidas de macroalgas ( <i>Macrocystis Integrifolia</i> Bory, <i>Lessonia Trabeculata Villouta &amp; Santelices</i> ) para reducir Boro en aguas de río para uso agrícola en el distrito de Ite- Moquegua 2017?	Determinar la reducción del Boro mediante perlas de alginato de calcio obtenidas de macroalgas ( <i>Macrocystis Integrifolia</i> Bory, <i>Lessonia Trabeculata Villouta &amp; Santelices</i> ) en aguas de río para uso agrícola en el distrito de Ite- Moquegua 2017?	Las perlas de alginato de calcio obtenidas de macroalgas ( <i>Macrocystis Integrifolia</i> Bory, <i>Lessonia Trabeculata Villouta &amp; Santelices</i> ), si reducen Boro en las aguas de río para uso agrícola en el distrito de Ite- Moquegua 2017?	<b>INDEPENDIENTE</b> Eficiencia de las perlas de alginato de calcio	Las perlas de alginato de calcio se obtienen a partir de algas pardas endémicas del Perú. Donde se realiza un pre-tratamiento del alga, extracción en medio alcalina, purificación del alginato y gelificación del alginato por entrecruzamiento iónico. AYARZA (2015).	Presipitación del alginato de sodio en solución acuosa de cloruro de calcio, generando la gelificación, producto del entrecruzamiento de las cadenas polímeras en la superficie de la perla	Perlas de alginato de calcio obtenida de las macroalgas ----- -----velocidad y tiempo	Dosis de perlas de alginato de calcio ( <i>Macrocystis Integrifolia</i> Bory y <i>Lessonia Trabeculata Villouta &amp; Santelices</i> )----- ----- Tiempo de agitación lenta	Gramo (g)----- -----ppm
¿Cuál de las perlas de alginato de calcio obtenidas de las macroalgas ( <i>Macrocystis Integrifolia</i> Bory, <i>Lessonia Trabeculata Villouta &amp; Santelices</i> ) es más eficiente para reducir Boro en aguas de río para uso agrícolas en el distrito de Ite- Moquegua 2017?  ¿Cuál de las tres dosis aplicadas (6.5, 10.5, 15.5) de perlas de alginato de calcio obtenidas de las macroalgas ( <i>Macrocystis Integrifolia</i> Bory, <i>Lessonia Trabeculata Villouta &amp; Santelices</i> ) es más eficiente en la reducción de Boro en aguas de río para uso agrícolas en el distrito de Ite- Moquegua 2017?	Determinar cuál de las perlas de alginato de calcio obtenidas de las macroalgas ( <i>Macrocystis Integrifolia</i> Bory, <i>Lessonia Trabeculata Villouta &amp; Santelices</i> ) es más eficiente para reducir Boro en aguas de río para uso agrícolas en el distrito de Ite- Moquegua 2017?  Determinar cuál de las tres dosis aplicadas (6.5, 10.5, 15.5) de perlas de alginato de calcio obtenidas de las macroalgas ( <i>Macrocystis Integrifolia</i> Bory, <i>Lessonia Trabeculata Villouta &amp; Santelices</i> ) es más eficiente en la reducción de Boro en aguas de río para uso agrícolas en el distrito de Ite- Moquegua 2017?	Las perlas de alginato de calcio obtenidas de la macroalga <i>Macrocystis Integrifolia</i> Bory es más eficiente que las perlas de alginato de calcio obtenidas de la macroalga <i>Lessonia Trabeculata Villouta &amp; Santelices</i> , para reducir Boro en aguas de río para uso agrícolas en el distrito de Ite- Moquegua 2017?  De las tres dosis aplicadas (6.5, 10.5, 15.5) de perlas de alginato de calcio obtenidas de las macroalgas ( <i>Macrocystis Integrifolia</i> Bory, <i>Lessonia Trabeculata Villouta &amp; Santelices</i> ) al menos una es más eficiente en la reducción de Boro en aguas de río para uso agrícolas en el distrito de Ite- Moquegua 2017?	<b>Dependiente</b> Reducción del Boro	Son métodos para controlar la contaminación, donde se emplean equipos y materiales estos son fundamentales para saber que técnica se va a utilizar y poder así evaluar su eficacia. SPIEGEL Y MAYSTRE, (2014).	Adsorción de la concentración de boro en agua de río bajo determinadas dosis de perlas e alginato de calcio	Boro	Concentración inicial y final de: Boro	ppm



Anexo 8. Toma de muestra y determinación de parámetros fisicoquímicos- Rio  
Ite-ubicado en Ilo Moquegua



## Anexo 9. Traslado de muestra

